

# ZEITSCHRIFT FÜR ANGEWANDTE GEOLOGIE

HERAUSGEGEBEN VON

DER STAATLICHEN GEOLOGISCHEN KOMMISSION  
UND DER ZENTRALEN VORRATSKOMMISSION  
DER DEUTSCHEN DEMOKRATISCHEN REPUBLIK

AKADEMIE-VERLAG · BERLIN

## AUS DEM INHALT

Denkschrift über Lage und Aufgaben  
der Paläontologie in der DDR

Hetzer

Der Kamsdorfer Zechsteinkalk und  
seine industrielle Bedeutung

Hrabowski

Zur Methodik der hydrogeologischen  
Spezialkartierung im Flachland

Watznauer

Der Begriff der Bauwürdigkeit

Stammberger

Zum Problem der Bauwürdigkeit

Hohl

Zur Frage der Nachwuchsausbildung

Wassojewitsch

Erdölfallen und Erdöllager

Senkow

Die vier Typen der Veränderlichkeit  
von Erzkörpern

Chain

Der gegenwärtige Stand  
der Geotektonik im Ausland

**2/3**

BAND 3 / 1957 / HEFT  
SEITE 49-152



## INHALT

	Seite		Seite
Denkschrift über Lage und Aufgaben der Paläontologie in der DDR . . . . .	49	E. KNAUER & TH. KAEMMEL: Über den Umbau eines Objektführers zu einem Rastkreuztisch für die Integration nach der Punktmethode . . . . .	97
H. HETZER: Der Kamsdorfer Zechsteinkalk und seine industrielle Bedeutung . . . . .	52	I. A. SCHREINER, W. P. JAKUSCHEW, O. P. PETROWA & A. T. PORTNOWA: Eine Klassifikation der Gesteine nach ihren mechanischen Eigenschaften . . . . .	98
A. A. KUDENKO: Rückstandslagerstätten (Verwitterungslagerstätten) von Blei . . . . .	56	G. T. OWNATANOW: Über die Verrohrung der Bohrungen . . . . .	103
D. A. SENKOW: Die vier Typen der Veränderlichkeit von Erzkörpern . . . . .	58	Fortschritte im amerikanischen Bohrwesen . . . . .	106
N. B. WASSOJEWITSCH: Erdölfallen und Erdöllager . . . . .	63	R. HOHL: Zur Frage der Nachwuchsausbildung . . . . .	108
A. P. KRYLOW, W. N. WASSILJEWSKIJ & I. D. UTRICHIN: Die Lösung einiger praktischer Aufgaben der Ausbeutung von Erdöllagerstätten mit Hilfe von Isobarenkarten . . . . .	69	W. B. PORFIRJEW: Das „Protonaphtha“ der heutigen Theorien der Erdölbildung . . . . .	112
K. HRABOWSKI: Zur Methodik der hydrogeologischen Spezialkartierung im Flachland . . . . .	72	L. A. NASARKIN: Über eine der wichtigsten Voraussetzungen der Erdölbildung . . . . .	121
S. P. WASSILJEW: Über einige ergänzende Untersuchungen bei der Erkundung von Kohlenlagerstätten . . . . .	78	W. E. CHAIN: Der gegenwärtige Stand der Geotektonik im Ausland . . . . .	123
E. W. TESLJUK: Die Anwendung radioaktiver „körniger“ Isotope bei der hydraulischen Sprengung von Schichten auf den Feldern der Krasnodarneft . . . . .	79	Schwefelgewinnung an der amerikanischen Golfküste . . . . .	129
A. WATZNAUER: Der Begriff der Bauwürdigkeit . . . . .	82	Das Bergbaugebiet Katanga . . . . .	130
F. STAMMBERGER: Zum Problem der Bauwürdigkeit . . . . .	84	Lagerstätten in Französisch-Afrika . . . . .	132
A. M. WIKTOROW: Erfahrungen beim Unterwasserphotographieren in Bohrlöchern . . . . .	94	Instruktion zur Anwendung der „Klassifikation der Lagerstättenvorräte fester mineralischer Rohstoffe“ auf Kali- und Steinsalzlagerstätten . . . . .	134
		Lesesteine . . . . .	140
		Buchbesprechungen . . . . .	141
		Kurznachrichten . 51, 57, 81, 83, 102, 107, 133, 148—152	

Die ZEITSCHRIFT FÜR ANGEWANDTE GEOLOGIE berichtet ständig ausführlich über folgende Arbeitsgebiete: Geologische Grundlagenforschung und Lagerstättenforschung / Methodik der geologischen Erkundung / Ökonomie und Planung der geologischen Erkundung / Technik der geologischen Erkundung / Geologie und Lagerstättenkunde im Ausland / Bibliographie, Verordnungen, Richtlinien, Konferenzen, Personalmeldungen

Dem Redaktionskollegium gehören an:

Dipl.-Berging. BÜHRIG, Nordhausen — Dr. HECK, Schwerin — Dr. JUBELT, Halle — Prof. Dr. KAUTZSCH, Berlin  
 Prof. Dr. LANGE, Berlin — Dr. MEINHOLD, Leipzig — Dr. NOSSKE, Leipzig — Prof. Dr. PIETZSCH, Freiberg  
 Dr. REH, Jena — Prof. Dr. SCHÜLLER, Berlin — Dipl.-Berging.-Geologe STAMMBERGER, Berlin  
 Dr. STOCK, Berlin — Prof. Dr. WATZNAUER, Karl-Marx-Stadt  
 Chefredakteur: Prof. Dr. ERICH LANGE, Berlin

Die ZEITSCHRIFT FÜR ANGEWANDTE GEOLOGIE ist kein Organ einer engen Fachgruppe. Auf ihren Seiten können alle strittigen Fragen der praktischen Geologie behandelt werden. Die Autoren übernehmen für ihre Aufsätze die übliche Verantwortung



## Denkschrift über Lage und Aufgaben der Paläontologie in der DDR und über die Notwendigkeit ihrer Förderung

Gemäß der Direktive der 3. Parteikonferenz der Sozialistischen Einheitspartei Deutschlands für den 2. Fünfjahrplan 1956/60 wird der Umfang der geologischen Erkundungsarbeiten im Verlauf dieses Planjahrfünfts wenigstens verdoppelt. Bei diesem Vorhaben soll der geologischen Erkundung von Erdöl und Erdgas besondere Beachtung geschenkt werden. Die erforderlichen Leistungen an Bohrm Metern sind dabei gegenüber dem ersten Fünfjahrplan auf das 5,6fache zu erhöhen.

Der Leiter der Staatlichen Geologischen Kommission, Berlin, Dipl.-Wirtschaftler KARL NEUMANN, hat in der Zeitschrift für angewandte Geologie Bd. 2, Heft 1, die geologischen Erkundungsarbeiten im Volkswirtschaftsplan 1956 näher umrissen. Danach war insgesamt für 1956 eine Steigerung auf 135,6% gegenüber 1955 vorgesehen; im einzelnen sollten sich beispielsweise die bergmännischen Erkundungsarbeiten auf 123,2% und die Bohrmeterleistungen auf 155,6% erhöhen. Ferner müssen die mit der geologischen Kartierung beauftragten Wissenschaftler die Herstellung abgedeckter geologischer Karten beschleunigen.

Zur Erreichung dieser näheren und fernerer Planziele hat auch die Paläontologie neue große Aufgaben zu lösen. Allein mit der Ausweitung der Erkundungsarbeiten für Erdöl und Erdgas, d. h. mit der Erhöhung der Bohrmeterleistungen und der damit im Zusammenhang stehenden geplanten wesentlichen Verbesserung des Kerngewinns wird bis 1960 mindestens die 10fache Probenmenge gegenüber dem Stand von 1955 zur paläontologisch-stratigraphischen Bearbeitung anfallen. Hinzukommen werden noch weitere zahlreiche Proben aus bergmännischen und anderen geologischen Untersuchungs- und Kartierungsarbeiten. Zudem wird auch eine erhebliche Probenmenge im Zusammenhang mit der Herstellung abgedeckter geologischer Karten zu bearbeiten sein, denn auch hier geht es nicht ohne Paläontologie, da es sich bei diesen Aufgaben um zeitliche Analysen der Schichten des verhüllten Untergrundes handelt.

Über die Bedeutung der Paläontologie für die Stratigraphie, u. a. auch für die geologischen Erkundungsarbeiten, hat sich in Clausthal der Geschäftsführer der Jahrestagung 1955 der Paläontologischen Gesellschaft, Prof. Dr. W. SIMON, wie folgt geäußert (gekürzt aus: „Unser Harz“ 8/1955):

„Die vom Paläontologen ermittelten Zeitmarken kommen nicht nur der Geologie im Sinne der Erdgeschichte (als Grundlagenforschung), sondern auch im Sinne der geologischen Praxis und .... dem Bergbau zugute. Die einzigen sicheren Kennzeichen der einzelnen Schichten sind die Fossilien, die Zeitmarken. Sie allein ermöglichen

eine Orientierung in den hundertten oder tausenden Metern Kerne, die bei Bohrungen auf Erdöl oder Erze gewonnen werden. So läßt sich ein unmittelbarer Ertrag gerade der paläontologischen Forschung (dieser Wissenschaft mit dem antiquierten Namen und dem so lebendigen Inhalt) angeben: Nach Millionen Dollar belaufen sich die auf Grund paläontologischer Beratung gewonnenen Ersparnisse an Bohrkosten in der Erdölgewinnung. Darüber hinaus kann man ganz allgemein sagen, in jedem Liter Benzin\*) steckt die Arbeit der Paläontologen. Die Zahl der in der Montanindustrie beschäftigten Paläontologen übersteigt die Zahl der reinen Forscher und Hochschullehrer dieses Faches erheblich.“

Diese speziell in einigen Punkten auf die kapitalistische Welt zugeschnittenen Angaben gelten in entsprechender Weise auch für uns. So ist auch in der UdSSR und in den Volksdemokratien, besonders in Polen und in der Tschechoslowakei, eine große Zahl von Paläontologen verantwortlich in der Praxis tätig.

Darüber hinaus gelten auch für die angewandte Paläontologie sinngemäß die im Aufruf zur Gründung der Paläontologischen Gesellschaft niedergelegten Gesichtspunkte. In den meisten Fällen beruhen z. B. tektonische Konstruktionen auf paläontologischen Erkenntnissen (so bei Strukturen in der Erdölgeologie). Die Paläontologie ist damit eine tragende Grundlagenforschung der Geologie, wenigstens sofern es sich um die *historische* Analyse handelt. Da aber große Teile des Untergrundes noch nicht bekannt sind, hat auch die Paläontologie in Deutschland und speziell in der DDR ihre Zukunft noch vor sich.

Der beachtenswerten Eigenart, daß sich die paläontologische Forschung gewöhnlich in 3 Stufen vollzieht, nämlich

1. Aufsammlung,
2. systematische paläozoologische und paläobotanische Bearbeitung (Schaffung und Begrenzung von Art-, Gattungs- usw.-begriffen!),
3. stratigraphische oder andere Auswertung,

muß in Anbetracht eines derart umfangreichen Untersuchungsprogramms, wie es durch die Direktive der 3. Parteikonferenz der SED festgelegt worden ist, besonders Rechnung getragen werden. Es ist verständlich, daß die Vernachlässigung einer der drei Bearbeitungsstufen erhebliche Konsequenzen nach sich ziehen kann, da für das Endergebnis alle 3 Stufen von annähernd gleicher Wichtigkeit sind. Gemeinhin bezeichnen wir vor allem die erste

\*) Benzin aus Erdöl! (Zusatz der Verf.).



und zweite Stufe als sog. *Grundlagenforschung*, während man die dritte Stufe — sofern überhaupt schon etwas darüber bekannt ist und wenn es sich nur mehr oder weniger um Nachauswertungen handelt — manchmal als „Routinearbeit“ zu behandeln und zu bezeichnen pflegt.

Von Bedeutung für die Praxis, d. h. für die geologischen Erkundungsarbeiten, ist vor allem die dritte, die sogenannte Auswertungsstufe. Soll von einer *wissenschaftlichen* Erkundung die Rede sein, so müssen nicht nur die dritte, sondern auch die erste und zweite Stufe gleichermaßen bearbeitet werden. Dies läßt sich schon heute bei dem im Verhältnis zu 1960 noch geringen Umfang der Arbeiten nur außerordentlich beschränkt durchführen, und zwar aus Mangel an Fachkadern. Zum Teil ist es gegenwärtig nur möglich, die wichtigsten Auswertungen in Form von Nachauswertungen als Routinearbeit durchzuführen.

Die heutige Situation in der Paläontologie ist nicht die Folge der seit dem letzten Kriege verflossenen Jahre. Ihre Ursachen reichen bis etwa an die Jahrhundertwende zurück. Die Überbewertung der chemischen, physikalischen und mechanischen (tektonischen) Arbeitsrichtungen in der Geologie, verbunden mit der Vorstellung, die Stratigraphie unseres deutschen Gebiets sei ja im wesentlichen bekannt, ist der wirkliche Grund dafür, daß sich nur noch ganz wenige Wissenschaftler in den letzten Jahrzehnten dazu entschließen konnten, sich dem paläontologischen Studium als Paläontologen zu widmen und Paläontologie nicht nur als nun einmal notwendiges Übel zu betreiben. So kommt es, daß es in Deutschland nur noch wenige Paläontologen mit großer Formenerfahrung gibt. Die meisten von ihnen haben bereits das sechste Lebensjahrzehnt überschritten. Es gilt dies gleichermaßen für die Paläozoologie wie für die Paläobotanik. Prof. W. AHRENS (Krefeld) hat darauf in einem Vortrag im Jahre 1953 aufmerksam gemacht. Die Nachwuchsfragen sind damals in einem Fachausschuß der (west)deutschen Kohlebergbauleitung behandelt worden, wo nüchtern festgestellt wurde, „daß es wohl kaum einen Studenten geben dürfte, der, um ein richtiger Paläontologe zu werden, das mindestens eineinhalbfache einer normalen Studienzeit aufwendet mit der nahezu sicheren Aussicht, in seinem Spezialfach keine Stellung zu finden“. Dies gilt in Westdeutschland auch schon für gut ausgebildete Nachwuchskräfte der Mikropaläontologie, also für Kräfte, die bisher infolge der Bedeutung dieses Teilgebietes für die Erdölgeologie noch Anstellung fanden. Trotz dieser Situation ist nach AHRENS im allgemeinen in den geologischen Landesämtern des Bundesgebietes höchstens je ein Paläontologe beschäftigt. An anderer Stelle, wo unter anderem auf die mikrobotanischen Arbeiten im Ruhrkarbon eingegangen wird, heißt es, daß allein dafür mindestens 20 Forscher nötig seien, damit in absehbarer Zeit eine in der Praxis anwendbare Methode erarbeitet werden könne.

Dieses letzte Beispiel (Mikrobotanik) bezieht sich auf ein Gebiet, in dem vor der Übersetzung der wissenschaftlichen Ergebnisse in die Praxis kaum Grundlagenforschung getrieben worden ist. Auf den übrigen paläontologischen Gebieten beruht die Tatsache, daß wir die Paläontologie heute überhaupt für praktische Fragen auswerten können, darauf, daß mindestens zwei Generationen von Wissenschaftlern uns vorgearbeitet haben, z. T. ohne die leiseste Vorstellung, daß ihr Gebiet einmal praktische Anwendung finden könnte. In bezug auf die Auswertungsmöglichkeiten stehen wir also fast alle auf den Schultern

unserer Vorgänger, wobei wir z. T. nicht einmal in der Lage sind, die Lücken zu schließen, die noch bestehen.

Diese von AHRENS herausgearbeiteten allgemeinen Gesichtspunkte haben auch für uns in der DDR Gültigkeit, obgleich es bei uns nicht notwendig ist, in bezug auf die Ausbildung und die Anstellung des Paläontologennachwuchses zu resignieren. In der DDR sind Beschäftigungsmöglichkeiten für Paläontologen in ausreichendem Maß vorhanden. Im Gegenteil, wir *müssen* im Interesse der Erfüllung der uns gestellten Aufgaben mit aller Entschiedenheit darauf hinweisen, daß wir nicht nur verpflichtet sind, die vorliegenden wissenschaftlichen Ergebnisse der Paläontologie für die Praxis zu nutzen, sondern außerdem auch noch die Pflicht haben, die verbliebenen Lücken in der wissenschaftlichen Forschung zu schließen, damit auch die bisher vernachlässigten Gruppen von Fossilien, wenn angängig, praktisch ausgewertet werden können. Dies ist aber nur durch eine so bald wie möglich in Angriff zu nehmende entsprechende Umstellung der Studienpläne zu erreichen, etwa so, wie es der Leiter der Staatlichen Geologischen Kommission in dem schon oben angeführten Aufsatz — wenn auch dort nicht auf die Paläontologie gemünzt, hier aber sinngemäß anzuwenden — ausgeführt hat:

„Es ist erforderlich, daß sich die Studienpläne der Hoch- und Fachschulen eng an die praktischen Aufgaben der geologischen Erkundung anlehnen und in dieser Richtung überarbeitet werden“.

Die Anforderungen, die also die Praxis an die Hochschulabsolventen, und zwar erstens an diejenigen, welche in Ausübung ihres Berufes mit der Paläontologie in Berührung kommen, also an die *Geologen*, und zweitens an die, welche die Paläontologie *hauptberuflich* ausüben wollen, zu stellen hat, sind etwa wie folgt zu umreißen und zu begründen:

1. *Geologie*: Nicht nur zur Unterstützung und Entlastung der Paläontologen, deren Personallage und deren umfangreiches praktisch-angewandtes Aufgabengebiet vorhin betrachtet worden sind, ist grundsätzlich daran festzuhalten, daß jeder Studierende der Geologie auch eine genügende, auf die Beherrschung der paläontologischen *Methodik* (besonders natürlich auf die 1. und die 3. der oben umrissenen Stufen) ausgerichtete Ausbildung erfährt. Das Auswendiglernen einiger schöner „Leitformen“ ist damit nicht gemeint! Jeder Geologe müßte in der Lage sein, sei es bei der Kartierung, bei der Bearbeitung von Bohrungen oder bei anderen von ihm im Verlaufe seiner Berufsausübung zu verrichtenden geologischen Arbeiten, in einfachen Fällen *selbst* eine stratigraphische Einstufung vorzunehmen, ohne dabei nur von lithologischen und petrographischen Erwägungen auszugehen! Nicht immer wird ihm der Fachpaläontologe die stratigraphische Deutung eines Sedimentes abnehmen können; der Geologe muß übrigens — vor allem in bezug auf das Auf sammeln der Fossilien — lernen, dem Paläontologen sachgemäß vorzuarbeiten. Die Fähigkeit, gegebenenfalls stratigraphisch zu arbeiten, läßt sich später in der Praxis nicht mehr oder nur noch schwer nachträglich erlernen, da das Erlernen in erheblichem Maß an Lehrsammlungen, an Literatur und an mit anderen Einrichtungen entsprechend ausgerüstete Institute gebunden und damit von diesen abhängig ist. Die Paläontologie sollte daher gegenüber manchen anderen, z. T. auch technischen Disziplinen, wie z. B. Bergbaukunde, Bohrtechnik usw., nicht



vernachlässigt werden. Zum Studium beispielsweise der Bohrtechnik gehören die *Praxis*, der *Betrieb* und die *Geräte in Tätigkeit*, nicht aber in *erster Linie* die theoretische Vorarbeit im Institut! Bei der Paläontologie ist es aber nun einmal gerade umgekehrt. Und man vergesse nicht: Die Geologie ist zu einem wesentlichen Teil eine nach *historischen* Methoden arbeitende Wissenschaft; ihre Urkunden, die eine zeitliche Einstufung ermöglichen, sind die *Fossilien*.

2. *Paläontologie*: Zur eigentlichen Bearbeitung und Auswertung der Fossilien — vor allem in Anbetracht der fast schon unübersehbar gewordenen Formenfülle der fossilen Tiere und Pflanzen und in Anbetracht der Tatsache, daß die der Praxis dienenden Auswertungen immer möglichst schnell durchgeführt werden müssen — ist es nötig, rechtzeitig Spezialisten auszubilden, welche die von ihnen zu bearbeitenden und auszuwertenden Gruppen möglichst vollständig übersehen und sich mit den internationalen Fortschritten ständig vertraut machen können. Erst dann ist die Möglichkeit gegeben, auch auf dem Gebiet der Paläontologie auf dem jeweils neuesten Stand zu bleiben. Erstes Ziel der Paläontologen-Ausbildung muß es sein, daß in etwa 8 Jahren alle Teilgebiete der Paläontologie in der DDR mindestens von je ein bis zwei Fachkräften betrieben werden. Dazu allein sind etwa 80 bis 100 Fachkräfte nötig. Außerdem ist zu bedenken, daß in Deutschland auf vielen Gebieten der Paläontologie seit 50 und mehr Jahren kaum etwas Neues erarbeitet worden ist, während international sehr viele neue Erkenntnisse dazugekommen sind. Wir haben also nicht nur unser gegenwärtig anfallendes Material, sondern auch noch das bisher schon vorhandene neu und modern zu bearbeiten, besonders, da die Paläontologie eine *beschreibend-auswertende* Wissenschaft ist, in welcher der Satz „Je breiter die Basis, um so genauer und besser das Ergebnis“ in einem viel größeren Ausmaß gilt als bei den mathematisch-anorganischen Naturwissenschaften.

Nur durch sofortige Schaffung von dafür geeigneten und entsprechend ausgerüsteten Ausbildungsinstituten an Universitäten und Hochschulen lassen sich die benötigten Fachkader heranbilden. *Im Rahmen und unter dem Protektorat der Geologie ist dies ebenso wenig möglich wie im Rahmen des jetzigen Studienganges für Geologen*. Es muß also umgehend ein Fachstudium für Paläontologie unter Berücksichtigung von Geologie und Zoologie/Botanik als untereinander gleichgestellten *Nebenfächern* eingerichtet werden.

Das Vorgebrachte sind Forderungen vom Gesichtspunkt der geologischen *Praxis* aus! Eine ohne leistungsfähige Paläontologie betriebene Stratigraphie und damit Auswertung der Schichten des Untergrundes wird in vielen Fällen mit großer Wahrscheinlichkeit zu Fehlschlüssen führen, die nicht nur in der Lagerstättenforschung erhebliche wirtschaftliche Konsequenzen, sondern unter Umständen sogar völlig falsche Vorratsberechnungen zur Folge haben können. Es ist also an der Zeit, daß in dieser Hinsicht auf dem Gebiet der paläontologischen Arbeiten ein grundsätzlicher Wandel eintritt, und es muß dadurch vor allem die Gefahr beseitigt werden, daß durch ungenügende exakt-wissenschaftliche Bearbeitung des Probenmaterials unter Umständen volkswirtschaftlicher Schaden entstehen kann. *Darauf muß von denen mit aller Entschiedenheit hingewiesen werden, die von sich glauben, daß sie die Situation in ihrem Fachgebiet übersehen*, weil sie sich einen genügenden Überblick über das

Gebiet der angewandten Paläontologie erarbeitet haben. Es ist höchste Zeit, daß mit der Vernachlässigung und Zurücksetzung der Paläontologie Schluß gemacht wird. Die Paläontologie ist kein Aschenputtel der Geologie oder deren technischer Zweige; aber ebenso wenig ist sie ein „interessantes Anhängsel“ an die Zoologie und Botanik. Sie ist vielmehr eine der tragenden Grundlagen der Geologie überhaupt und eine Wissenschaft mit eigenen Methoden und Problemen. Ihre in der jüngeren Vergangenheit oft betonte Bedeutung für die Museologie, die Weltanschauung (Abstammungslehre) usw. ist nur *eine* ihrer Seiten, allerdings wieder keine so geringe, wie in der Vergangenheit gewisse Richtungen (z. B. klerikale oder andere reaktionäre Kreise) es hinstellen versucht haben.

Die von der Praxis zu erhebenden Forderungen sind also:

1. Sofortiger Beginn mit der Ausbildung von Paläontologen, damit noch Hoffnung besteht, die bis 1960 erbohrten Profile bis 1965 auswerten zu können;
2. Förderung des Paläontologiestudiums für Geologen gemäß den angegebenen Richtlinien;
3. Einrichtung eines Hauptfach-Paläontologie-Studiums unter gleichmäßiger Betonung der biologischen und geologischen Arbeitsrichtungen im Nebenfach;
4. Schaffung von dazu erforderlichen Lehrstühlen und Instituten an Universitäten und Hochschulen, wobei Wirbellose, Wirbeltiere, Mikropaläontologie, Mega- und Mikro-Paläobotanik in gleichem Maße zur Geltung kommen müssen.

Nur unter Berücksichtigung dieser vier Hauptpunkte wird es möglich sein, daß die der Paläontologie durch Staat und Wirtschaft im Erkundungsprogramm gestellten Aufgaben erfüllt werden können.

L. DIEBEL W. HALLER W. KRUTZSCH W. RETTSCHLAG

### Erfolge der chinesischen Erdölerkundung<sup>1)</sup>

Durch eine Untersuchungsbohrung wurde im Nordteil des Tsaidam-Beckens (Chinghai) ein neues Erdölfeld mit besonders hochwertigem Öl erkundet. Auf anderen Strukturen des Tsaidam-Beckens, mit dessen Erforschung 1954 begonnen wurde, erbrachten 12 weitere Erkundungsbohrungen eruptives oder frei ausfließendes Öl. Die größte der bisher bekannten etwa 100 Strukturen dehnt sich über mehr als 1000 km<sup>2</sup> aus.

Nach einer Mitteilung des Erdölministeriums konnten die Vorräte in dem neuen Karamifeld (Sinkiang) und im Kiuchuan-Becken (Kansu) verdoppelt werden. Im Karamifeld, dem größten chinesischen Erdölfeld, erbrachten 26 Erkundungsbohrungen größere Produktion an z. T. eruptivem Erdöl.

Während der letzten 5 Jahre wurden mehr als 200 ölführende Strukturen und viele Hunderte von Ölauslässen und Erdgasanzeichen in Szechwan, Kweichow, Kansu und dem Autonomen Gebiet der Inneren Mongolei und in einigen anderen Provinzen aufgefunden. Drei reiche Erdgasfelder wurden in Szechwan erkundet. Die Zahl der Geologen, Techniker und anderen Arbeitskräfte, die bei der Erdölerkundung beschäftigt sind, hat die Zahl von 30000 überschritten. E.

<sup>1)</sup> Aus Hsinhua News Agency Release, 28. 9. 1956.

### Erdölförderung in Angola

In den Niederungen von Pundo der portugiesischen Kolonie Angola ist ein neues Erdölvorkommen bei Sousa Lara entdeckt worden. Weiter wurde eine Erkundungsbohrung in der Nähe von Cuca, 40 km von Luanda, in 1800 m Teufe erdölfündig. Es wird angestrebt, möglichst bald die Produktion auf den neu gefundenen Feldern aufzunehmen, da man hofft, mit Hilfe der Erdölförderung in Angola die Selbstversorgung Portugals mit Rohöl auf eigener Rohstoffbasis sichern zu können.



# Der Kamsdorfer Zechsteinkalk und seine industrielle Bedeutung

Von H. HETZER, Saalfeld/Saale

## 1. Die Geographie

Östlich von Saalfeld (Saale) nimmt der Zechstein, der sonst den Nordrand des Thüringer Waldes bei steiler Lagerung nur als schmales Band begleitet, plötzlich durch äußerst flache Lagerung eine breite Fläche ein. Im Stadtgebiet von Saalfeld selbst ist der Zechstein im Saalfelder Talkessel nur an wenigen Stellen aufgeschlossen und sonst unter diluvialen und alluvialen Ablagerungen verborgen. Erst östlich der Linie Obernitz — Gorndorf hebt sich der Zechstein flach heraus (siehe Blatt Saalfeld der Geol. Spezialkarte v. Preußen usw.) und nimmt dann bis zu den Ortschaften Bucha und Könitz mit seinen ältesten Gliedern die bis zu 450 m über NN ansteigenden Höhen südlich des Weirabachtals ein. Beim weiteren Ansteigen des Geländes nach Süden tritt das den Zechstein unterlagernde, durchweg steilgestellte Kulm an die Oberfläche. Von diesen Höhen, deren bekannteste, vor allem in mineralogischer Hinsicht, wohl der Rote Berg bei Kamsdorf sein dürfte, fällt der Zechstein flach, dabei aber etwas steiler als die Hangneigung mit 5—10° zum Weirabachtal, d. h. nach Norden hin ein. Die Ortschaft Kamsdorf liegt inmitten dieses Gebiets bereits auf Oberem Zechstein, der wahrscheinlich durch kleine Störungen in einem breiten Graben eingebrochen ist, während westlich und östlich davon breite Hochflächen vom Mittleren Zechstein eingenommen werden.

Erst im Gebiet östlich Kamsdorf, in der Umgebung der Verbindungsstraße Könitz — Bucha und östlich davon, wird auch der Ausbiss des Unteren Zechsteins durch Herausheben an einer Störung stark verbreitert.

## 2. Die Geologie

Bei der Gliederung des Zechsteins im Kamsdorfer Gebiet wurde bis jetzt die neue Zechsteingliederung nach RICHTER—BERNBURG in Zechstein 1—4 noch nicht in Anwendung gebracht. Wir befinden uns hier in einem ausgesprochenen Randgebiet mit gegenüber dem Becken stark reduzierten Mächtigkeiten und einem vollständigen Fehlen der Anhydrit-Salzfolge. Eine Einführung der neuen Gliederung würde daher schon durch das Fehlen der Anhydrite auf Schwierigkeiten stoßen (die jedoch durch Vergleich mit dem benachbarten Gipsgebiet von Krölpa noch zu überwinden wären), weiter würden die Mächtigkeiten der einzelnen Zechsteinglieder dann sehr unterschiedlich ausfallen. Die alte Gliederung in Unteren, Mittleren und Oberen Zechstein gibt das Verhältnis der einzelnen Abteilungen etwa paritätisch wieder. Außerdem sind im Kamsdorfer Bergbau mit den 3 Abteilungen des Zechsteins so ausgeprägt unterschiedliche petrographische Eigenschaften verbunden, daß es dem Bergmann sicher schwer fallen würde, wenn er hier plötzlich umlernen müßte. Für wissenschaftliche Zwecke muß man allerdings bei den jetzt laufenden geologischen Arbeiten zu einer Einstufung der Schichten des Kamsdorfer Zechsteins in die neue Gliederung kommen.

Es sei nun in kurzen Zügen auf die Stratigraphie des Kamsdorfer Zechsteins eingegangen, wie sie sich heute in zahlreichen bergmännischen Aufschlüssen darbietet und wie sie durch die zahlreichen, im Verlauf des Jahres 1956 niedergebrachten Bohrungen bestätigt wurde. Der Vererbung werden dann anschließend einige Worte gewidmet.

Wir beschränken uns bei diesen Ausführungen auf das eigentliche Kamsdorfer Bergbauggebiet zwischen den Ortschaften Kamsdorf — Könitz — Bucha — Goßwitz.

Unter dem Zechstein wird fast im gesamten Gebiet von Kamsdorf das *Kulm* angetroffen; es besteht aus einer Wechsellagerung von grünlichgrauen und dunkelgrauen Tonschiefern und grünlichgrauen bis grauen, meist feinkörnigen Grauwacken. Sie sind durchweg stark gefaltet und meist steil gestellt als Folge der varistischen Orogenese. Nach der Faltung ist das Grundgebirge lange Zeit Land gewesen, da die Ablagerungen des Oberkarbons und das Rotliegende fehlen. Während dieser Zeit wurden die Schichten des Kulm stark abgetragen und einer tiefgründigen Verwitterung unterworfen, die durch das hereinbrechende Zechsteinmeer noch verstärkt wurde. Demzufolge sind die obersten Meter der Kulmtonschiefer und -grauwacken stets in verschieden starkem Maße zer setzt und teilweise in einen grünen, zähen, fast plastischen Ton umgewandelt. Parallel dazu ist häufig eine sekundäre Rotfärbung zu beobachten.

An der Basis des über den Kulm transgredierenden Zechsteins liegt ein ausgesprochenes Transgressionskonglomerat, das *Zechsteinkonglomerat*. Es erreicht Mächtigkeiten bis zu 2,50 m und füllt zunächst flache Vertiefungen, die in der Kulmoberfläche vorhanden waren, aus. Demzufolge kann es auf Erhebungen zwischen diesen Vertiefungen auch ganz fehlen, und jüngere Schichten greifen dann auf das Kulm über. Das Konglomerat ist sehr einförmig zusammengesetzt; es besteht ausschließlich aus Material, das seinem unmittelbaren Liegenden entstammt, also aus Quarzgeröllen und flach scheibenförmigen Tonschiefer- und Grauwackengeröllen sehr unterschiedlicher Größe. Verschiedentlich konnten bis faustgroße Quarzbrocken beobachtet werden. Gleichzeitig mit der Ablagerung der Gerölle wurde aus dem Zechsteinmeer Kalk und möglicherweise auch Dolomit ausgefällt, da das transgredierende Meer hier wohl noch sehr flach und gut erwärmbar gewesen ist. Dementsprechend ist das Bindemittel des Konglomerats kalkig-dolomitisch. An verschiedenen Stellen wurde der feinste Gesteinsschutt der ehemaligen Kulmoberfläche zusammengespielt, und es kam zur Bildung von durch Kalk verfestigten Sandsteinen, die als *Sandflöz* das Konglomerat seitlich vertreten können.

Über dem Konglomerat bzw. dem Kulm folgt ein hell- bis dunkelgrauer, kristalliner, meist sehr harter und splittiger, dolomitischer Kalkstein, der, einem alten Kamsdorfer Bergmannsgebrauch folgend, als *Mutterflöz* ausgeschieden wird. Der Kalk ist oft sehr reich an Fossilien, die Mächtigkeit schwankt i. a. zwischen 0,5 und 1,0 m, erreicht max. 2,0 m, während örtlich der Kalk ganz fehlen kann. Zwischen dem Mutterflöz und dem Zechsteinkonglomerat besteht keine scharfe Grenze, der dolomitische Kalk geht nach unten durch Aufnahme sandigen Materials und schließlich kleiner Tonschiefergerölle allmählich in das Konglomerat über und bildet dessen Bindemittel.

Der über dem Mutterflöz bzw. bei dessen Fehlen über dem Konglomerat oder auch direkt auf Kulm folgende *Untere Schiefer* der Kamsdorfer Bergleute kann als Äquivalent des Mansfelder Kupferschiefers gedeutet werden,



da er stratigraphisch in der gleichen Position sitzt und auch eine geringe Metallführung zeigt. Der Untere Schiefer ist zusammenhängend im ganzen Kamsdorfer Gebiet vorhanden, seine Mächtigkeit schwankt zwischen 0,3 bis 0,4 m und erreicht selten 1,0 m. Das Gestein ist ein schwarzer bis bräunlichschwarzgrauer, feinkörniger, teilweise stark glimmerführender, an der Luft etwas ausbleichender, feinblättrig zerfallender Mergelschiefer. Bleiglanz und Kupferkies sind in Form winziger Kriställchen und Schüppchen fast stets in ihm zu erkennen, Kupferkies findet sich übrigens auch auf feinen Klüften und Haarrissen im Mutterflöz, Konglomerat und in den obersten Schichten des Kulm. Teilweise enthält der Untere Schiefer Fischreste und eigenartige, bleiglanzführende, bis daumengroße Kalkkonkretionen.

Die im Hangenden des Unteren Schiefers folgenden Kalke des Unteren Zechsteins zeigen im ursprünglichen Zustand eine dunkelblaugraue bis fast schwarze Farbe, eine äußerst zähe, sehr harte Beschaffenheit und sind schwach bituminös. Das Korn dieser Kalke ist dicht bis äußerst feinkristallin, sie sind vollkommen unvererzt und werden im Kamsdorfer Sprachgebrauch als „*Braun III*“ bezeichnet. Wegen ihrer dunklen Farbe, des schwachen Stinkens beim Anschlagen und der zähen Beschaffenheit werden die Kalke von den alten Bergleuten auch als *Hornflöz* von den übrigen geschieden. Die Mächtigkeit des Braun III ist starken Schwankungen unterworfen, in den aufgeschlossenen Teilen zwischen 1 und 11 m. Eigenartig ist, daß die größten Mächtigkeiten östlich von Kamsdorf bei Könitz auftreten, wo sich später, im Mittleren Zechstein, ein Riff entwickelt hat. Fast stets zeigt der Kalk eine gewisse Bleiglanzführung, die aber, nach bis jetzt vorliegenden Ergebnissen, nirgends eine wirtschaftliche Bedeutung erreicht. Es sind entweder kleine und kleinste Bleiglanzkriställchen regellos in den Kalk eingestreut, feinste Haarrisse mit Bleiglanz ausgefüllt, oder im Kalk vorhandene Fossilien (meist Foraminiferen) sind in Bleiglanz erhalten. Erwähnt sei hier, daß sich das Blei in den Gichtstäuben der den Kamsdorfer Kalk verarbeitenden Hochöfen wiederfindet.

Im liegenden Teil des Kalkes findet sich oft eine Bank, die reich an Fossilien ist und vor allem *Productus horridus* führt. Sie entspricht wohl der schon von ZIMMERMANN festgestellten „*Productusbank*“. Überall sind in den Kalk haselnuß- bis faustgroße Hohlräume (Drusen) eingestreut, die von mehr oder weniger kugelige Gestalt und deren Innenwände mit häufig durch Manganausscheidungen schwarz gefärbten Kalzitkristallen ausgekleidet sind. Über die Entstehung dieser Hohlräume ist uns nichts bekannt, es kann aber angenommen werden, daß sie auf ausgelaugte Anhydritknollen zurückgehen.

Die chemische Analyse dieser Kalke vom Typus Braun III zeigt um 1% schwankende Fe-Gehalte und fast völliges Fehlen von MgO, sämtliches Karbonat liegt als  $\text{CaCO}_3$  vor, der  $\text{SiO}_2$ -Gehalt liegt bei 1,5 bis 2% und schwankt nicht allzustark. Ein evtl. größerer MgO-Gehalt macht sich sofort in einer hellgrauen Färbung des Kalkes bemerkbar. Bei steigendem Fe-Gehalt durch beginnende Vererzung, hauptsächlich im Bereich breiter, etwa E—W streichender Zonen verliert der Kalk seine zähe Beschaffenheit, er wird schwach porös und etwas mürbe, die Farbe schlägt durch Oxydation der ursprünglich geringen  $\text{FeCO}_3$ -Anteile nach braun um. Diese schwach eisenschüssigen Kalke können das Braun III sowohl hori-

zontal als auch vertikal ablösen und werden als *Braun II* bezeichnet. Die Fe-Gehalte schwanken in diesen Schichten zwischen 4 und 12%,  $\text{SiO}_2$  liegt bei 1 bis 1,5%, und es ist stets ein MgO-Gehalt von 8—10% zu beobachten. Es deutet sich ein gewisser, noch nicht näher ergründeter Zusammenhang zwischen Dolomitisierung und Vererzung an. Da die Vererzung von E—W oder NW—SE streichenden Spalten aus erfolgte, finden sich in der Nähe dieser Spalten auch noch hochprozentige, grobkristalline, im frischen Zustand dunkelgraue Spateisensteine, die von den Bergleuten als „*Glimmer*“ bezeichnet werden. Unter dem Einfluß der Verwitterung sind sie jedoch meist, oft unter Erhaltung der früheren Struktur, in mulmigen Brauneisenstein umgewandelt.

Zu bemerken ist noch, daß sowohl im unvererzten als im vererzten Kalk immer  $\frac{1}{5}$  bis  $\frac{1}{6}$  des Fe durch Mn ersetzt wird, d. h., ein Kalk mit 5% Fe enthält 0,8 bis 1% Mn, ein solcher mit 12% Fe rd. 2% Mn.

Über den „Unteren Kalken“ des Unteren Zechsteins, wie man sie bezeichnen muß, folgt ein eigenartiges Gestein, der „*Obere Schiefer*“ der Kamsdorfer Bergleute. Es ist dies ein dunkelgrauer, glimmer- und bleiglanzführender, teilweise recht grobkörniger und beinahe grau-wackenähnlicher Mergelschiefer, der fast immer sehr zahlreiche, in Kalzit oder Bleiglanz erhaltene Foraminiferen führt. An zahlreichen Stellen ist zu beobachten, daß der Schiefer als ausgesprochener Stau- und Leit-horizont für die aufsteigenden eisenhaltigen Lösungen wirkte. Es ist dann entweder unter ihm Braun II vorhanden oder umgekehrt. Während die Mächtigkeit des Oberen Schiefers im heutigen Bergbauggebiet zwischen 0,3 und 1 m schwankt, nimmt sie im nördlichen Feldesteil bei Könitz sehr schnell auf 10—12 m zu. Es kommt dann zur Ausbildung einer Wechsellagerung von cm-dm starken Bänken des eigentlichen Mergelschiefers und reinem oder schwach mergeligem Braun III. Eigenartig ist, daß diese Stelle mit der der großen Mächtigkeiten im „Unteren Kalk“ und dem späteren Riff im Mittleren Zechstein zusammenfällt. Die genauen Zusammenhänge werden zur Zeit im Rahmen einer Diplomarbeit behandelt, deren Ergebnisse von Interesse sein dürften. Der  $\text{SiO}_2$ -Gehalt ist im Oberen Schiefer mit durchweg mehr als 10% sehr hoch.

Über dem Oberen Schiefer treffen wir mit unterschiedlichen Mächtigkeiten von 10—20 m eine Serie, in der dieselben Gesteine vorhanden sind wie unter dem Schiefer, wobei jedoch Braun II bedeutend vorherrscht. Ihrem ganzen Habitus nach müssen wir diese Folge noch zum Unteren Zechstein rechnen, wenngleich auch dafür bis jetzt noch keine paläontologischen Belege vorhanden sind.

Allgemein kann zum Unteren Zechstein noch gesagt werden, daß in dem uns jetzt zugänglichen Gebiet in seinem liegenden Teil die harten und zähen Kalke des „Braun III“ vorherrschen, während nach dem Hangenden zu mehr und mehr die weniger harten, eisenschüssigen Kalke des „Braun II“ überwiegen. Dabei sind „Braun II“ und „Braun III“ etwa je zur Hälfte vorhanden.

Der Übergang vom Unteren Zechstein zum Mittleren Zechstein ist petrographisch unscharf und fließend und innerhalb eisenschüssiger Serien überhaupt nicht genau festzulegen. In Bohrungen am heutigen Haupttagebau der Grube endet die Vererzung an der Oberkante des Unteren Zechsteins, als Basisglied des Mittleren Zech-



steins folgen 3–4 m mächtige, kleinolithische, dolomitische Kalksteine. In der Nähe der Erdoberfläche sind diese oolithischen Kalke durch Auslaugung in mürbe, dolomitische Schaumkalke umgewandelt. Im nördlichen Teil des jetzt abgebohrten Feldes treffen wir in dem 20–35 m mächtigen Mittleren Zechstein sehr verschiedenartige Kalke an, die immer mehr oder weniger stark dolomitisch sind. Reine Dolomite wurden bis jetzt noch nicht angetroffen, die MgO-Gehalte bewegen sich zwischen 11 und 18%. Die Kalke sind durchweg mürber, grobkörniger und hellfarbiger als die Schichten des Unteren Zechsteins entwickelt, andererseits fehlen aber auch harte, feinkristalline Kalksteinbänke mit zum Teil etwas erhöhten Fe-Gehalten nicht. Im Durchschnitt liegen die Fe-Gehalte im Mittleren Zechstein zwischen 4–5%, Spitzenwerte bei 8–10%, die SiO<sub>2</sub>-Gehalte fast durchweg unter 1%.

Eine Besonderheit sind die im Raum Könitz auftretenden, eigentümlich rauhen, teils sehr harten und kristallinischen, teils aber auch mürben *Riffkalke*. Sie verzahnen sich seitlich mit den eisenschüssigen und dolomitischen Kalksteinen des Unteren und Mittleren Zechsteins und zeigen oft sehr geringe MgO-Gehalte. Sie lieferten gute Exemplare von *Fenestella retiformis*.

Der *Oberer Zechstein* ist im eigentlichen Bergbaubereich von Kamsdorf nirgends aufgeschlossen und wurde lediglich neuerdings durch einige Bohrungen mit seinen liegenden Gliedern erfaßt. Am Übergang vom Mittleren zum Oberen Zechstein, unmittelbar über den dolomitischen Kalken, ist eine mehrere Meter mächtige Folge von miteinander wechsellagernden dünnen, rötlichen und grünen Mergel- und stark mergeligen Kalkbänken anzutreffen. Darüber folgt dann die eigentliche unterste Abteilung des Oberen Zechsteins, die Unteren Letten. Sie bestehen aus bis über 20 m mächtigen, rötlichen und grünlichen, teilweise schwach kalkigen Letten, über denen wieder die dolomitischen, gut gebankten Kalksteine des Plattendolomits folgen.

### 3. Der Bergbau

Alle hier geschilderten Serien werden durchsetzt von zahlreichen E–W und NW–SE streichenden Spalten, die oft als kleine Verwerfungen ausgebildet sind und von denen aus, wie oben schon erwähnt, die Vererzung des Kamsdorfer Zechsteinkalkes erfolgt ist. Entsprechend der dabei auftretenden Mineralisation hatte der Bergbau im Kamsdorfer Gebiet, der in seinen Anfängen bis um 1300 zurückzuverfolgen ist, im Laufe der Zeiten sehr wechselnde Interessen.

Wir können drei große Perioden unterscheiden:

In der ersten Periode, die von den Anfängen des Bergbaus bis hinein ins 19. Jahrhundert reicht, wurden vor allem am Roten Berg, aber auch im übrigen Kamsdorfer Gebiet, Buntmetallerze gewonnen, die auf den Spalten ausgeschieden waren, auf denen auch die zur metasomatischen Vererzung des Kalkes führenden eisenhaltigen Lösungen aufstiegen. Bei den Buntmetallerzen handelte es sich vor allem um Kupferkies mit seinen Verwitterungsprodukten Malachit und Azurit, um Kobaltblüte und um silberhaltige Fahlerze. Heute können wir noch in sehr zahlreichen alten Halden die Spuren dieses Bergbaus finden.

Die zweite Periode begann etwa um die Mitte des vorigen Jahrhunderts und reicht bis hinein in den An-

fang des 20. Jahrhunderts. Nach Erschöpfung der Buntmetallerze ging man damals dazu über, die ebenfalls auf den Spalten und in ihrer unmittelbaren Nachbarschaft gebildeten Spateisensteine und vor allem ihre Verwitterungsprodukte, hochhaltige Brauneisensteine mit maximal 56% Fe, zu gewinnen. Auf der Basis dieser Erze wurde schließlich die heutige Maxhütte in Unterwellenborn errichtet.

In der dritten Periode des Kamsdorfer Bergbaus stehen wir noch heute. Sie begann etwa um die Jahrhundertwende damit, daß durch die immer größeren Anforderungen der Industrie die Spat- und Brauneisensteine erschöpft wurden und die damalige Maximilianshütte den Abbau der sauren ordovizischen Erze von Schmiedefeld bei Probstzella begann. Diese Erze, die auch heute noch im großen Umfange gewonnen werden, verlangen bei der Verhüttung entsprechende Mengen von basischen Zuschlagstoffen. Es lag daher sehr nahe, für diese Zwecke die in Kamsdorf noch anstehenden mehr oder weniger stark vererzten Zechsteinkalke zu verwenden. Wurden anfangs auch noch Spateisensteine mit abgebaut, so wird heute in Kamsdorf nur noch eisenschüssiger Zuschlagkalk gewonnen. Entsprechend einer Vereinbarung mit der Hütte wird der Kalkstein in zwei Sorten geliefert:

Braun III mit  $\varnothing$  1,4% Fe, 0,4% Mn, 2,2% SiO<sub>2</sub>,  
48% CaO und 3,2% MgO

Braun II mit  $\varnothing$  9,0% Fe, 1,7% Mn, 1,5% SiO<sub>2</sub>,  
26% CaO und 7,5% MgO

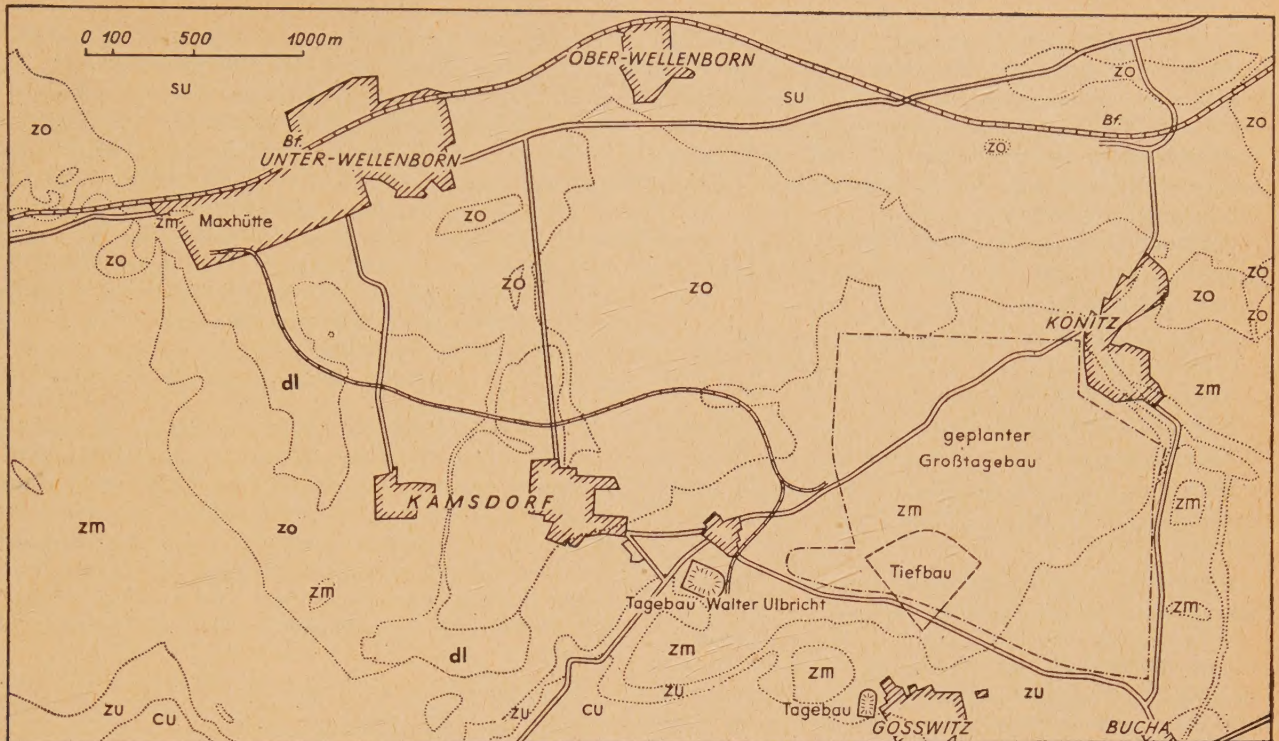
Wir hatten eingangs gesehen, daß unter „Braun III“ der reine, unvererzte, unter „Braun II“ der schwach vererzte Zechsteinkalk zu verstehen ist.

Die Gewinnung erfolgt in zwei Tagebauen, von denen der Tagebau „Walter Ulbricht“ die Hauptlast der Förderung trägt, und zu geringen Teilen (vor allem Braun III) noch im Tiefbau (siehe TAUBERT und DUCHROW in „Drehendes Bohren in der Eisenerzgrube Kamsdorf“, Bergbautechnik, 1/56, die eingangs die Abbauverfahren schildern).

Da im Verlauf des 2. Fünfjahrplans eine erhöhte Ausnutzung der Hochofenkapazität unserer Hüttenwerke zu erreichen ist, wurde vorgesehen, sämtliche Hüttenwerke der DDR mit eisenhaltigem Zuschlagkalk aus Kamsdorf zu versorgen, also außer der Maxhütte vor allem die Eisenwerke West in Calbe und das Eisenhüttenkombinat StalinStadt. Der Kamsdorfer Kalk hat gegenüber den in diesen Hütten jetzt zur Verwendung gelangenden Kalken den Vorteil, daß er immer einige Prozente SiO<sub>2</sub> weniger enthält und dafür einige Prozente Fe und Mn mitbringt, die die erhöhten Transportkosten wieder abdecken.

Diese erhöhten Anforderungen bedeuten für Kamsdorf, daß die Förderung im Verlauf des 2. und 3. Fünfjahrplanes auf das 10fache der heutigen Förderung gesteigert werden muß. Dies erwies sich jedoch bei einer Beibehaltung der heutigen Abbauprodukte mit den kleinen, durch die Ortschaften Kamsdorf und Goßwitz eingegrenzten Tagebauen und dem auf die Dauer unrentablen Tiefbau als unmöglich. Auch müßte der gesamte Kalk dann mit der jetzt in Betrieb befindlichen Grubenbahn zur Maxhütte transportiert und dort umgeladen werden, eine zusätzliche Belastung, die sich mit einer Modernisierung der Maxhütte überhaupt nicht verträgt.





Übersichtskarte des Großtagebaugesbietes

Es blieb daher nur die Möglichkeit, in Kamsdorf einen vollständig neuen Tagebau anzulegen und die Verladung über den Bahnhof Könitz vorzunehmen. Für diesen Tagebau wurden von vornherein, vor Beginn der eingehenden geologischen Untersuchungsarbeiten, folgende Bedingungen festgelegt:

Er soll in unbebautem Gelände liegen, damit nicht über das unbedingt notwendige Maß hinaus Verlegungen von Straßen und Häusern und dergleichen notwendig werden;

die Abbraummächtigkeiten sollen so gering wie möglich  
bleiben;

der zu gewinnende Kalk soll eine in nur sehr geringen Grenzen schwankende Zusammensetzung und genügende Festigkeit für den Einsatz in den Hochöfen aufweisen;

im Tagebau soll gleislose Förderung möglich sein,  
d. h. Einsatz von Baggern und schweren LKWs.

Die erste Forderung würde von dem zwischen den Ortschaften Kamsdorf, Könitz, Bucha und Goßwitz gelegenen Viereck erfüllt, in dem auch teilweise schon alter Bergbau umgegangen war, so daß mit brauchbaren Kalkqualitäten gerechnet werden konnte. Es wurde daher vorgesehen, dieses Gebiet mit einem dichten Netz von Kernbohrungen zu überziehen, um einmal Aufschluß über die genauen stratigraphischen Verhältnisse und zum anderen genügend Material für Untersuchungszwecke zu gewinnen. Das Bohrnetz wurde zunächst mit E—W und N—S verlaufenden Profillinien und einem Bohrpunkt-  
abstand von 200 m angelegt, nach diesem Plan sollten im Jahre 1956 insgesamt 120 Bohrungen mit Teufen zwischen 15 und 70 m niedergebracht werden. Zum Einsatz gelangten zunächst 3, später 5 Crælius-Bohrgeräte vom Typ AB. Beim Beginn der Bohrarbeit erwies es sich jedoch gleich als unmöglich, das am grünen Tisch ausgearbeitete Bohrnetz genau einzuhalten. Die Kalke

sind oberflächlich stark verlehmt und bei nassem Wetter, insbesondere Tauwetter, waren die zum größten Teil mitten in Feldern liegenden Bohrpunkte nur noch mit Raupenfahrzeugen zu erreichen. Dabei stiegen natürlich die Flurschäden und vor allem die Kosten und Zeiten für das Umsetzen der Geräte gewaltig an. Um das Bohrprogramm jedoch schnell und mit möglichst geringen Kosten zu Ende zu bringen, wurden die Bohrungen in der Nähe der vorgesehenen Punkte auf Wegen, schmalen Wiesenstreifen oder an Halden angesetzt. Die Profilinien verlaufen dann natürlich nicht mehr gradlinig, und die Abstände der Bohrungen schwanken zwischen 100 und 300 m.

Eine weitere Sorge bereite die Kerngewinn, der in einzelnen mürben Schichten bis auf 15–20% zurückging. Hier wurde Abhilfe geschaffen, indem mit möglichst großen Kronendurchmessern (108 und 133 mm) angebohrt und, wenn möglich, nicht abgesetzt wurde.

Das gekernte Profil jeder Bohrung wurde geologisch aufgenommen, anschließend wurden aus den einzelnen, sich petrographisch unterscheidenden Schichten Proben entnommen und chemisch untersucht auf Fe, Mn, P,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , CaO, MgO und Glühverlust. Sämtliche Bohrungen wurden durch den Zechstein hindurch bis in sein Liegendes, das Kulm, niedergebracht und ermöglichen so eine genaue höhenmäßige Erfassung der Kulmoberfläche und der Basisglieder des Zechsteins, die bestimmend für die einstige Tagebausoehle sind. So würden z. B. die starke Zersetzung der Kulmoberfläche und die weiche Beschaffenheit des Unteren Schiefers den Einsatz schwerer LKWs verbieten. Über dem Unteren Schiefer muß immer mindestens noch 1 m des harten und zähen Braun III stehenbleiben, wenn ein reibungsloser Fahrbetrieb gewährleistet werden soll.

Große Schwierigkeiten beim Niederbringen der Bohrungen traten dadurch auf, daß aus den mürben, schaum-



kalkähnlichen Partien des Mittleren Zechsteins oft Nachfall kam, so daß Verklemmungen im Bohrloch und als Folge davon Gestängebrüche eintraten. In allen Fällen erwies es sich hier bei den geringen Bohrlochtiefen als zeitlich günstiger und billiger, wenn statt zeitraubender Fangarbeiten in naher Entfernung (5–15 m) ein Ersatzbohrloch niedergebracht oder auf die letzten Meter des Profils verzichtet wurde.

Von den bis Dezember 1956 niedergebrachten 110 Bohrungen erreichten das Kulm, also das geologische Ziel nicht: 33 = 30%

davon aus technischen Gründen (wie oben dargestellt) . . . . . 27  
wegen Antreffens alter Abbaue . . . . . 6

An Stelle der 27, aus technischen Gründen eingestellten Bohrungen wurden 14 Ersatzbohrungen niedergebracht.

Alter Abbau wurde in insgesamt 11 Bohrungen = 10% angetroffen, bei 5 Bohrungen gelang es, ihn zu durchbohren.

Die bei der chemischen Untersuchung der Bohrkerne gewonnenen Analysenergebnisse stellen nur grobe Annäherungswerte dar, da der gewählte Bohrpunktabstand von rd. 200 m für die Kamsdorfer Vererzungsverhältnisse zu groß ist. Von den Vererzungsspalten aus reicht eine nennenswerte Vererzung nur etwa 60–70 m nach beiden Seiten, so daß eine zwischen zwei Bohrungen liegende Spalte auf die Kalksteine dieser Bohrungen überhaupt nicht einwirken kann und das Fe-Ergebnis zu niedrig ausfällt. Das Bohrnetz muß also vor dem Abbau noch stark verdichtet werden. Da die Stratigraphie durch die Kernbohrungen gut festgelegt ist, soll dann mit Salzgitter-Bohrgeräten vom Typ H 60 gebohrt werden, die mit Vollbohrkronen arbeiten und bei denen lediglich das mittels Preßluft ausgeblasene Bohrmehl chemisch untersucht wird. Sie ermöglichen nach den bisherigen Erfahrungen im Kamsdorfer Kalk Bohrfortschritte von 40–50 m/Schicht, gegenüber den Craeliusgeräten mit 4–10 m/Schicht.

Wie die bis jetzt niedergebrachten Bohrungen zeigen, sind die Schichten des Unteren Zechsteins im ganzen

Bohrgebiet als Hochofenkalk gut zu verwenden. Es muß lediglich der Obere Schiefer in den Gebieten ausgehalten werden, wo seine Mächtigkeit 1 m übersteigt, da sich sonst sein hoher  $\text{SiO}_2$ -Gehalt in der Gesamtanalyse empfindlich störend bemerkbar macht. Im Mittleren Zechstein treten durchweg mehr oder weniger dolomitische Kalksteine auf, die oft eine sehr mürbe Beschaffenheit zeigen. Aus ihnen wird ein hoher Feinkornanteil resultieren, der in einer Sinteranlage gesondert verarbeitet werden muß. Die Unterbringung des Feinkorns ist noch eines der größten Probleme bei der Projektierung des Kamsdorfer Großtagebaus. Es erscheint zweckmäßig, den Aufschluß so anzulegen, daß möglichst wenig Material aus dem Mittleren Zechstein anfällt.

Da bei der zukünftigen Förderung von den Hütten auf eine Trennung zwischen „Braun II“ und „Braun III“ verzichtet und nur eine gleichmäßige Zusammensetzung des Kalkes verlangt werden wird, muß auf eine möglichst genaue Bemusterung und auf eine straffe Lenkung des Abbaus der einzelnen Kalksorten geachtet werden. Nach bisher vorliegenden Ergebnissen wird es dann möglich sein, einen Kalk etwa folgender Zusammensetzung zu liefern:

4–5% Fe, 1–1,5%  $\text{SiO}_2$ , 0,8–1% Mn,  
35–38% CaO, 10–12% MgO

Die Abraummächtigkeiten werden dadurch sehr gering gehalten, indem die Gebiete, in denen die Letten des Oberen Zechsteins einsetzen, nicht mit in den Tagebau einbezogen werden. Es bleibt somit nur die 2–3 m mächtige Verwitterungszone über dem Kalkstein abzuräumen.

Im vorliegenden Bericht konnte nur ein kleiner Teil der bei den Aufschluß- und Projektierungsarbeiten für den im Kamsdorfer Gebiet neu einzurichtenden Großtagebau gewonnenen neuen Ergebnisse und Erfahrungen wiedergegeben werden. Verfasser hat auch keine Vollständigkeit angestrebt, da die Arbeiten noch nicht abgeschlossen sind und zu einem späteren Zeitpunkt darüber eingehender zu berichten sein wird.

## Rückstandslagerstätten (Verwitterungslagerstätten) von Blei<sup>1)</sup>

VON A. A. KUDENKO, Karaganda

Die umfassende Anwendung der metallometrischen Aufnahme in Zentralkasachstan führte zur Auffindung einer großen Anzahl von Feldern mit erhöhtem Bleigehalt. Die Begehung dieser Felder zeigt, daß sie oft an limonitisierte Gesteine mit Quarz- und Schwespatgängen oder an opalisierte und limonitisierte Kalksteine gebunden sind.

Wir wollen diese beiden Fälle untersuchen, denn derartige Felder scheinen auf den ersten Blick die günstigsten für die Auffindung bauwürdiger Erze zu sein, wenn man die Gebiete mit anderen geologischen Verhältnissen unberücksichtigt läßt.

S. S. SMIRNOW (5) führt an, daß die geringe Beweglichkeit des Bleis in der Oxydationszone zu folgender Regel führte: „Wenn die Oxydationszone Erze mit unbauwürdigem Bleigehalt führt, dann sind auch die sulfidischen Erze dieses Metalls unbauwürdig“. Daraus zog

man auch den Schluß, daß, wenn in der Oxydationszone die Bleigehalte abbauwürdig sind, auch in der Teufe abbauwürdige sulfidische Bleierze anzutreffen sind.

Wenn also der Geologe Unterlagen über bauwürdige Bleigehalte in limonitisierten, von Schwespat- und Quarzgängen durchsetzten Gesteinen oder in verkieselten Kalksteinen besitzt und die Verhältnisse in dem einen wie dem anderen Fall irgendwie günstig für hydrothermale Tätigkeit sind, dann untersucht er den angereicherten Feldteil durch Schürfe, um die Mächtigkeit der vererzten Gesteinspartien festzustellen und die Ausdehnung des Erzausstrichs im Streichen zu klären, und nur bei bedeutenden Abmessungen der angereicherten Stellen beginnt man mit dem Niederbringen von Bohrungen nach einem festgelegten Erkundungsnetz. Für die Untersuchung und Aufschließung derartiger Anreicherungsstellen wurden allein in Zentralkasachstan Dutzende von Millionen Rubel nutzlos vertan.

<sup>1)</sup> Aus „Erkundung und Lagerstättenpflege“, (russisch), Moskau, 1956, Heft 4.



Warum finden sich denn in der Tiefe keine abbauwürdigen sulfidischen Erze? Deshalb nicht, weil wir es in den vorliegenden Fällen mit Rückstandslagerstätten von Blei zu tun haben, in denen sich das Blei bei der Bildung der Verwitterungsrinde ansammelte. Es ist allgemein bekannt, daß in den Oxydationszonen polymetallischer Lagerstätten, besonders in einem karbonatischen Medium, eine gewisse Anreicherung des Bleis stattfindet. Dagegen wird in der über die Bewertung polymetallischer Lagerstätten vorliegenden Literatur die Frage nicht behandelt, wie sich Blei in der Verwitterungsrinde von Gesteinen, die eine relativ geringe Menge Pb in der Gesamtmasse enthalten, bis zu abbauwürdigen Konzentrationen anreichern kann. In bestimmten Horizonten karbonatischer Gesteine, besonders devonischen und karbonischen Alters, erreicht der Bleigehalt im Mittel nicht selten 0,05 bis 0,1%. Dies ist nicht auf eine Dispersion des Bleis um irgendeinen abbauwürdigen Erzkörper zurückzuführen, sondern beruht auf höheren Konzentrationen von Blei, die in den Becken bestimmter Formationen regional verbreitet waren.

Bei Bedingungen, die die Bildung einer Verwitterungsrinde begünstigen, werden die leichtlöslichen Bestandteile der Kalksteine aus der Bildungszone der Verwitterungsrinde entfernt. Daher werden die Kalksteine zu 90 bis 95% zerstört, und die Auslaugungsprodukte werden vom Ort ihrer primären Ablagerung weggeführt. Die verbliebenen 5 bis 10% sind ein Gemenge toniger Teilchen mit Eisen- und Manganhydroxyden und anderen schwerlöslichen Verbindungen. Natürlich werden Bleiverbindungen und Schwerspat, sofern sie in dem Ausgangsgestein vorhanden waren, ebenfalls in dem Rückstandsgemenge enthalten sein. Von solcher Art sind z. B. die Schwerspatlagerstätten Nordamerikas in den Staaten Missouri, Georgia u. a., welche die Hauptlieferanten des Schwerspats in den USA sind (3).

Neben dem Schwerspat sind in Zentralkasachstan in manchen Feldern mit gleichmäßig stark entwickelter Verwitterungsrinde serienweise Quarzgänge exogener Entstehung entwickelt, die in den frischen Gesteinen fehlen. Neubildungen von Quarz in Form von Äderchen in der Verwitterungsrinde wurden in der Literatur bereits beschrieben (1).

Wenn der durchschnittliche Bleigehalt in den Kalksteinen 0,05% beträgt, dann steigt der Bleigehalt in den Residualprodukten der Verwitterung (bei Auslaugung von 90% des Gesteins) auf 0,5% und beträgt dann also das Zehnfache. Da im karbonatischen Medium die Verbindungen des Bleis beständiger als die Verbindungen des Eisens, Mangans, Aluminiums usw. sind, wächst nach und nach im Maße der chemischen und mechanischen Entfernung der zuletzt angeführten Verbindungen der Bleigehalt und kann 1 bis 3% und mehr erreichen. Da Bleiglanz schwer oxydierbar ist, kann sich außerdem bei langdauernder Ausbildung der Verwitterungsrinde auch eine schwach ausgeprägte Zementationszone entwickeln. Der Chemismus dieses Prozesses wird in den Arbeiten von J. W. SAMOILOW (4) und N. I. RUDENKO (2) behandelt.

Auf diese Weise bilden sich Rückstandslagerstätten von Blei, die auf den ersten Blick wie oxydierte Partien sulfidischer Erze aussehen, was in diesen Fällen in der Tiefe gewöhnlich durch das Vorkommen von Bleiglanz zwischen den Verwitterungsprodukten bekräftigt wird.

Man muß jedoch berücksichtigen, daß der Bleiglanz in der Oxydationszone ziemlich gut erhalten bleibt und oft sogar in Schlichen, weit entfernt von den ursprünglichen Lagerstätten, gefunden wird. Die übergroße Menge des in den Kalksteinen dispers verteilten Bleis liegt als Bleiglanz vor, der zum Teil auch in der Oxydationszone erhalten bleibt. Ebenso ist das Auftreten von exogenem Bleiglanz zu beachten. Dieser Punkt wird von N. I. RUDENKO (2) ausführlich beschrieben und von J. W. SAMOILOW (4) erwähnt.

Anscheinend ist exogener Bleiglanz weiter verbreitet, als man heute annimmt, und ein Teil des „residualen“ Bleiglanzes in den oxydierten Erzen ist an der Oberfläche entstanden. Kriterien, die im Feld die Unterscheidung der Rückstandslagerstätten von den Oxydationszonen sulfidischer Lagerstätten ermöglichen, wurden noch nicht ausgearbeitet, da das mit großen Schwierigkeiten verbunden ist. Das vorläufig einzige Merkmal, wodurch sich die Rückstandslagerstätten auszeichnen, besteht in der weiten Verbreitung der Verwitterungsrinde in dem betr. Bezirk. Dieses Merkmal ist allerdings sehr unzuverlässig.

Im Augenblick kann man lediglich empfehlen, auf derartigen Feldern bereits im ersten Abschnitt der Untersuchung (durch geophysikalische Expeditionen) eine oder zwei Bohrungen von 40–60 m Tiefe niederzubringen. Die Bohrlöcher sind an Orten tektonischer Störungen und scharfer Faltenbiegungen anzusetzen, da diese Stellen am günstigsten für eine Konzentration von Sulfiden sind. Treffen diese Bohrungen keine abbauwürdigen sulfidischen Erze an, so soll das weitere Bohren auf diesen Feldern, selbst wenn sie im Grundriß große Ausdehnung haben, so lange unterbrochen werden, bis detaillierte geologische Karten vorliegen und die Besonderheiten der Minerale der Oxydationszone untersucht sind. Es ist jetzt notwendig, Tatsachenmaterial zu sammeln, damit die Kriterien zur Unterscheidung der residualen Anreicherungen von bauwürdigen Lagerstätten ausgearbeitet werden können. Dadurch werden zukünftig bedeutende Gelder eingespart werden können, die im Augenblick noch für die eingehende Erkundung dieser residualen Lagerstätten verausgabt werden.

### Literatur

1. GINSBURG, I. I. & RUKAWISCHNIKOWA, I. A.: Die Minerale der alten Verwitterungsrinde des Urals. — Ak. Wiss. UdSSR, 1951.
2. RUDENKO, N. I.: Exogener Bleiglanz aus der Oxydationszone einer Bleilagerstätte. — Nachr. Min. Ges. UdSSR, H. 3, 1954.
3. ROSIN, M. S. u. a.: Die Mineralvorräte der USA. — Gosgeolizdat, 1952.
4. SAMOILOW J. W.: Mineralogische Skizzen. — ONTI, 1953.
5. SMIRNOW, S. S.: Die Oxydationszone sulfidischer Lagerstätten. — ONTI, 1936.

### Albanische Kupfererzschürfungen

In Albanien werden seit etwa 15 Jahren Kupfererze aus der Lagerstätte von Rubik gewonnen. Die Vorräte reichen nicht aus, um die Produktion bedeutend zu erhöhen. Der albanische geologische Dienst hat daher eine neue Kupfererzlagerstätte bei Kurbneshi, die durch sowjetische Geologen entdeckt worden war, mit deren Hilfe weiter erkundet. Die Forschungsarbeiten ergaben, daß die Erze von Kurbneshi größere Vorräte und eine bessere Qualität als diejenigen von Rubik besitzen. Es wurde daher von der Regierung beschlossen, während des zweiten Fünfjahrplanes ein neues Kupferkombinat bei Kurbneshi zu errichten und die Vorratslage durch weitere Sucharbeiten in den benachbarten hoffigen Gebieten von Mirgita weiter zu verbessern.

(Aus einem Bericht von KHAFER LESH, Chefgeologe im albanischen Ministerium für Industrie und Bergbau, Tirana.)



# Die vier Typen der Veränderlichkeit von Erzkörpern<sup>1)</sup>

Von D. A. SENKOW, Moskau

Eine spezifische und allgemeine Besonderheit vieler Erzkörper besteht in der Veränderlichkeit ihrer Eigenschaften: es ändern sich die Gehalte der nutzbaren und schädlichen Komponenten, die Mächtigkeiten und Profile, die Lagerungselemente, der innere Bau u. a. m. Dies bezieht sich besonders auf Erzlagerstätten.

Durch die weitgehende Veränderlichkeit ihrer Eigenschaften unterscheiden sich die Erzkörper wesentlich von den übrigen geologischen Körpern der Erdkruste. Für den vorliegenden Aufsatz ist die Betonung des engen Zusammenhangs zwischen der Veränderlichkeit der Eigenschaften der Erzkörper und der Dichte ihrer Erkundung besonders wichtig.

Je ausgeprägter die Veränderlichkeit der Körper ist, desto größer ist bei sonst gleichen Bedingungen die für die Erreichung einer vorgegebenen Aufnahmegenaugkeit erforderliche Anzahl von Erkundungsarbeiten. Stellt man sich einen Erzkörper mit beispielweise praktisch konstanter chemischer Zusammensetzung vor, so genügt lediglich ein Erkundungsaufschluß, dessen Probenmaterial gleichzeitig seine durchschnittliche Zusammensetzung kennzeichnet. Je veränderlicher dagegen die chemische Zusammensetzung eines Erzkörpers ist, desto mehr Proben sind erforderlich, um verlässige Mittelwerte des zu untersuchenden Parameters zu erhalten, welche die vorgegebene Genauigkeit haben.

Die Untersuchung der Veränderlichkeit der Eigenschaften der Erzkörper ist damit für den erkundenden Geologen vollkommen unerlässlich. Natürlich hängt die Veränderlichkeit einer beliebigen Eigenschaft eines Mineralkörpers von den geologischen Bildungsbedingungen ab, d. h., die Veränderlichkeit selbst ist ein geologischer Faktor.

Die Veränderlichkeit der Eigenschaften von Erzkörpern muß qualitativ und quantitativ betrachtet werden, d. h., es ist sowohl die Art als auch der Grad der Veränderlichkeit zu untersuchen. Der vorliegende Aufsatz befaßt sich nur mit dem Charakter (der Art) der Veränderlichkeit, denn diese Frage wurde am wenigsten untersucht und in der Literatur behandelt.

## Der Charakter der Veränderlichkeit

Die zahlreichen Eigenschaften (Parameter) der Erzkörper lassen sich in zwei Gruppen gliedern: in äußere (morphologische) und innere. Zur ersten gehören: Mächtigkeit (oder Breite), fallende Länge, streichende Länge; Flächeninhalt und Konfiguration (Umriss) des Profils des Erzkörpers; Lagerungselemente — Richtung und Winkel des Einfallens und des Streichens. Zur zweiten gehören: Gehalt an Hauptkomponenten, zweitrangigen, nutzbaren, schädlichen und übrigen Komponenten, welche den Erzkörper zusammensetzen; Mineralbestand; innerer Aufbau (Textur); Raum- und spezifisches Gewicht. Von allen aufgezählten Eigenschaften werden in dem vorliegenden Aufsatz am ausführlichsten der Metallgehalt und die Mächtigkeit der Erzkörper betrachtet. Sie sind die Haupteigenschaften, mit denen man bei der Erkundung zu tun hat. Die Untersuchung aller aufgezählten Eigenschaften zeigt am Beispiel vieler Lagerstätten, daß sie sich auf verschiedene Art ändern. Nach dem Charakter der Veränder-

lichkeit kann man vier Typen ausscheiden: 1) eine fließende, kontinuierliche und gesetzmäßige Veränderlichkeit; 2) eine fließende, kontinuierliche, aber nicht gesetzmäßige Veränderlichkeit; 3) eine un stetige, sprunghafte und gesetzmäßige Veränderlichkeit; 4) eine un stetige, sprunghafte und nicht gesetzmäßige Veränderlichkeit. Betrachten wir nun einzeln diese vier Typen der Veränderlichkeit im einzelnen.

### Die Veränderlichkeit des ersten Typs

Dieser Typ wird durch eine allmähliche, kontinuierliche Veränderlichkeit der Eigenschaften eines Erzkörpers charakterisiert. Die Gesetzmäßigkeit besteht in einem allmählichen Anwachsen oder einer Verringerung des Wertes eines gegebenen Parameters. Als Beispiel kann die Mächtigkeitsänderung von linsenförmigen Erzkörpern angeführt werden, die allmählich im Streichen und nach der Tiefe zu auskeilen. Die Lagerungselemente vieler Erzkörper (konkordant zur Faltung des Nebengesteins lagernd) werden ebenfalls durch eine allmähliche, kontinuierliche und gesetzmäßige Veränderung charakterisiert.

Wenn Elemente eines allmählichen Übergangs und der Kontinuität auftreten, so besteht beim ersten Typ (ebenso wie beim zweiten) die Möglichkeit der Interpolation zwischen zwei benachbarten Beobachtungspunkten (z. B. zwischen zwei Bohrungen). Das Element der Gesetzmäßigkeit gestattet aber auch die Extrapolation, noch dazu auf die zuverlässigste Art. Darauf beruhen z. B. die „Methode des natürlichen Auskeilwinkels“ bei der Umgrenzung der entsprechenden Erzkörper und andere morphologische Methoden bei der Feststellung der Umgrenzung außerhalb des erkundeten Teils eines Erzkörpers.

Man kann folgende allgemeine These formulieren: beim ersten Veränderlichkeitstyp besteht eine hinreichend enge (aber gewöhnlich korrelierte) Abhängigkeit zwischen den Werten des zu untersuchenden Parameters und der Raumkoordinate (in unseren Beispielen die Abhängigkeit der Mächtigkeit eines Erzkörpers von der Erstreckung im Streichen oder von der Tiefe). In Verbindung damit muß der Begriff der Gesetzmäßigkeit entwickelt werden.

Manchmal wird gesagt, daß bei einem Erzkörper zwischen mathematischen und geologischen Gesetzmäßigkeiten unterschieden werden müsse, wobei unter den ersteren das Vorhandensein funktioneller oder korrelativer Beziehungen dieses oder jenes Parameters eines Erzkörpers mit der Raumkoordinate und unter den letzteren das Fehlen derartiger Beziehungen zu verstehen sei. Eine derartige Konfrontierung von Mathematik und Geologie ist natürlich falsch. Alle Gesetzmäßigkeiten bei der Veränderung von Eigenschaften eines Erzkörpers sind geologischer Natur, weil ja der Erzkörper selbst ein geologisches Gebilde ist. Es ist gerechtfertigter, geologische Gesetzmäßigkeiten hervorzuheben, bei denen sich die Werte des zu untersuchenden



Abb. 1. Nicht gesetzmäßige, aber fließende und kontinuierliche Veränderung der Mächtigkeit eines Spaltenganges als Beispiel einer Veränderlichkeit des zweiten Typs

<sup>1)</sup> Aus „Erkundung und Lagerstättenpflege“ (russisch), Moskau, 1955, Heft 6.



Parameters in strenger Abhängigkeit von der Raumkoordinate befinden oder nicht. Die zuerst genannten geologisch-mathematischen Gesetzmäßigkeiten können als „Gesetzmäßigkeiten erster Art“, die zweiten als „Gesetzmäßigkeiten zweiter Art“ bezeichnet werden.

Als Beispiele der ersten können die erwähnte Abhängigkeit der Mächtigkeit von Erzkörpern von der Erstreckung im Streichen, von der Teufe, ferner die fazielle Veränderlichkeit vieler sedimentär entstandener Lagerstätten, die zonare Anordnung des Mineralbestandes einiger endogener Lagerstätten usw. dienen.

Die Beispiele der zweiten Art können sehr zahlreich sein: einige „Anschwellungen“ von Gängen sind an Bereiche starker Zerklüftung gebunden, die für eine Veränderung günstig sind; Bereiche mit einer erhöhten Mächtigkeit vieler Erzkörper mit mantelförmiger Gestalt, welche mit Verwitterungsprozessen zusammenhängen und in Karstsenken und in ähnlichen Vertiefungen des Reliefs der unterlagernden Gesteine liegen; die Verteilung der Anreicherungspeiler in Erzkörpern usw. All das sind geologische Gesetzmäßigkeiten, ihr Auftreten im Raum (im Grundriß und in den Profilen) hat jedoch gewöhnlich keine funktionelle Beziehung zu den Koordinaten dieses Raums. Diese Art geologischer Gesetzmäßigkeiten gehört nicht zur Charakteristik der Veränderlichkeit des ersten Typs.

#### Die Veränderlichkeit des zweiten Typs

Diese Art der Veränderlichkeit, die einen fließenden Übergang und eine Kontinuität in der Veränderung der Werte des zu untersuchenden Parameters beibehält,



Abb. 2. Nicht gesetzmäßiges, aber fließendes und kontinuierliches Verhalten der Gestalt einer Goldseife (nach COOPER-CONIN)

unterscheidet sich von der ersten Art durch das Fehlen von Gesetzmäßigkeiten in der Veränderung, d. h. der Wert des zu untersuchenden Parameters ist in einzelnen Richtungen des Erzkörpers bald größer, bald kleiner. Aber auch hier ist eine Präzisierung notwendig.

Die fließende und kontinuierliche Veränderlichkeit der zu untersuchenden Eigenschaft umfaßt auch Elemente der gesetzmäßigen Veränderung, aber nur innerhalb geringer Entfernung zwischen zwei nahen Meßpunkten.

Gerade dieser Umstand gestattet auch in einem solchen Fall eine Interpolation, die gewöhnlich nach dem „Gesetz der Geraden“ durchführbar ist. Wenn wir daher von einer gesetzmäßigen Veränderlichkeit sprechen, denken wir dabei nicht an diese Gesetzmäßigkeit kleiner Intervalle, sondern wir betrachten die Erzkörper im ganzen oder wenigstens einzelne große Abschnitte von ihnen. Im zuletzt angeführten Fall wird gewöhnlich der Ausdruck „gesetzmäßige Veränderung innerhalb eines bestimmten Intervalls“ verwendet.

Der zweite Typ der Veränderlichkeit enthält die „Gesetzmäßigkeiten kleiner Intervalle“. Es kann auch die geologischen Gesetzmäßigkeiten der zweiten Art ein-

schließen, beinhaltet jedoch keine Gesetzmäßigkeiten der ersten Art. Als Beispiele der Veränderlichkeit des zweiten Typs können dienen: das Verhalten der morphologischen Parameter von Erzgängen, die Gestalt vieler Erzgänge; der Wechsel von Anschwellungen und Einschnürungen von Spaltengängen, die Gestalt vieler Erzkörper und metasomatischer Lager, Gänge, Erzzone, Seifen usw. (Abb. 1 und 2).

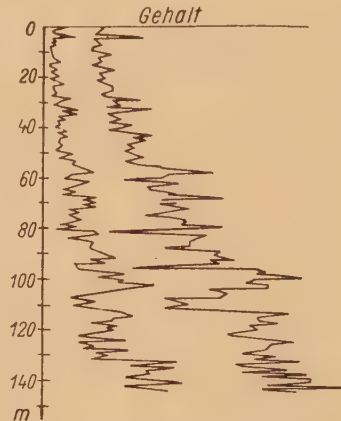


Abb. 3. Beispiel der Veränderlichkeit des dritten Typs: Gesetzmäßige Zunahme des Gehaltes der Erzkomponeuten eines magmatogenen Körpers mit der Teufe, die Veränderung erfolgt unstetig und sprunghaft (nach I. K. RETSCHKIN)

#### Die Veränderlichkeit des dritten Typs

Der kennzeichnendste Zug der Veränderlichkeit dieses Typs ist im Gegensatz zu den beiden ersten die unstetige und sprunghafte Veränderung der zu untersuchenden Eigenschaft eines Erzkörpers. Dabei wird aber eine bestimmte Gesetzmäßigkeit der Veränderung bewahrt: der Wert des zu untersuchenden Parameters nimmt unentwegt zu oder ab (Abb. 3).

Abb. 4 zeigt eine sprunghafte, aber gesetzmäßige Erhöhung und Verringerung des Gehaltes einer Komponente längs der Achse eines Abbaus (Strecke).

Im Gegensatz zum ersten Beispiel charakterisiert die hier dargestellte Gesetzmäßigkeit nur einen Teil des Erzkörpers. Die Verteilung der angereicherten Intervalle, ähnlich der auf Abb. 4 dargestellten, ist über den gesamten Erzkörper hinweg nicht gesetzmäßig, d. h., sie hängt nicht von der Raumkoordinate ab.

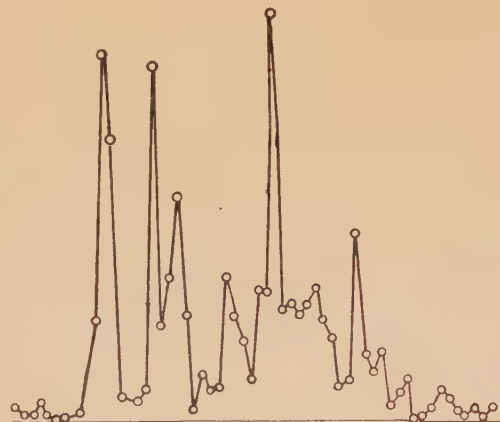


Abb. 4. Beispiel für eine lokale Veränderlichkeit des dritten Typs; in der Abbildung ist die Gehaltsänderung einer Komponente in Skarnen dargestellt



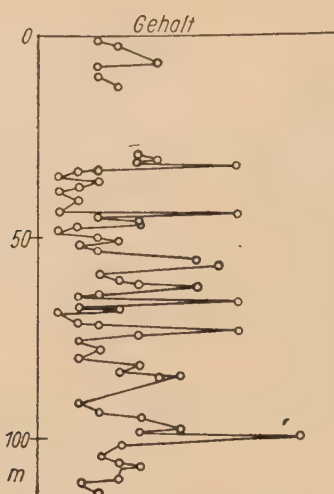


Abb. 5. Die Veränderung des Metallgehalts in Bohrproben. Beispiel einer sprunghaften, unstetigen und nicht gesetzmäßigen Veränderlichkeit des vierten Typs.  
Nach E. M. JANISCHEWSKI

#### Die Veränderlichkeit des vierten Typs

Sie unterscheidet sich von der Veränderlichkeit des dritten Typs durch das Fehlen einer Gesetzmäßigkeit in der Veränderung, bei Beibehaltung der Hauptmerkmale, nämlich Unstetigkeit und Sprunghaftigkeit.

Die nicht gesetzmäßige, sprunghafte Veränderlichkeit ist für die Verteilung der Komponenten in vielen Erzkörpern bezeichnend. Ein Beispiel zeigt Abb. 5, in der die Verteilung einer Komponente längs der Achse einer Bohrung dargestellt ist. Das ist ein oft auftretender Fall und die angegebene graphische Darstellung ist typisch.

Die Veränderlichkeit des vierten Typs kann auch eine geologische Gesetzmäßigkeit der zweiten Art enthalten.

#### Die äußeren und inneren Parameter der Erzkörper

Analysiert man die Veränderlichkeit der verschiedenen Eigenschaften eines Erzkörpers und verallgemeinert die Angaben der Analyse, so kann man sich davon überzeugen, daß zwischen den äußeren und inneren Eigenschaften ein großer Unterschied besteht, der in erster Linie im unterschiedlichen Charakter ihrer Veränderlichkeit zum Ausdruck kommt.

Alle morphologischen Parameter ändern sich fließend und kontinuierlich, d. h. nach dem ersten und zweiten Veränderlichkeitstyp. Die inneren Eigenschaften der Erzkörper ändern sich besonders in magmatischen Lagerstätten hauptsächlich nach dem dritten und vierten Typ. Dieser für den Erkundungsgeologen wichtige Unterschied verdient eine genauere Betrachtung.

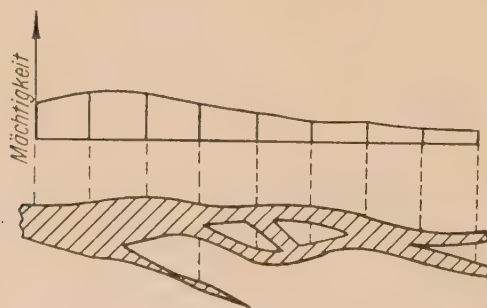


Abb. 6. Charakter der Veränderlichkeit der Mächtigkeit bei komplizierter Morphologie des Erzkörpers

#### Die Veränderlichkeit der morphologischen Eigenschaften

Der fließende und kontinuierliche Charakter der Veränderlichkeit der morphologischen Eigenschaften kommt in den wirklichen Umrissen des Erzkörpers zum Ausdruck, welche wir in der Natur beobachten und die gewöhnlich fließend und kurvenartig sind. Selbst die komplizierte Gestalt von Erzkörpern, wie sie durch ihre Auftrümmung hervorgerufen wird, das Auftreten verschiedener Apophysen und ähnlicher komplizierender morphologischer Faktoren ändert nicht den allgemeinen Charakter der Veränderlichkeit der morphologischen Parameter. Betrachten wir das Verhalten eines der grundlegenden morphologischen Parameter — der Mächtigkeit — unter den beschriebenen Bedingungen. Abb. 6 zeigt den Teil eines Gangs, der sich auftrümmert und von Apophysen begleitet wird. Konstruiert man daraus ein Diagramm der summierten Mächtigkeiten des Gangs und seiner Auftrümmungen, dann erhält man eine fließende Kurve. Eine derartige auf Abb. 6 konstruierte Kurve trägt einen völlig fließenden Charakter.

Hieraus resultiert ein wichtiger Schluß: bei einer genügenden Erkundungsdichte, d. h., wenn die Interpolation zwischen zwei benachbarten Bohrungen nur invariant sein kann, können die Umriss des Erzkörpers in Form fließender Kurven verlaufen (freilich nicht willkürlicher, sondern unter Anwendung von Schablonen konstruierter).

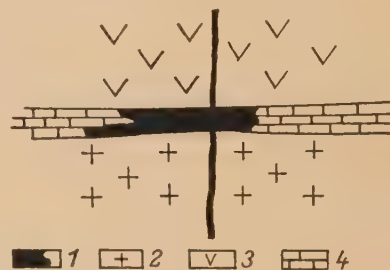


Abb. 7. Übergang eines Gangs in ein metasomatisches Lager  
1 - Erz; 2 - präkambrische Gneise; 3 - Syenitporphyre;  
4 - Kalkstein

Ein anderer morphologischer Parameter — die Querschnittsflächen der Erzkörper —, der eng mit der Mächtigkeit verknüpft ist, ändert sich meistens ebenso fließend und kontinuierlich wie auch die Mächtigkeit.

Die dem Autor zur Verfügung stehenden Angaben über das Verhalten zweier anderer Parameter der Erzkörper — die Länge im Streichen und die Tiefe nach dem Fallen — gestatten, zu behaupten, daß auch sie sich auf analogem Wege ändern.

Auf diese Weise trägt die Veränderlichkeit aller morphologischen Parameter einheitlichen Charakter.

Ausnahmen von diesen allgemeinen Gesetzen sind sehr selten. Es könnte das Beispiel einer Lagerstätte angeführt werden, in der seigere Gänge horizontal gelagerte und lithologisch verschiedenartige Sedimentgesteine durchsetzen und plötzliche Anschwellungen beim Durchsetzen der Kalkschichten liefern; dies kann man als morphologische Sprünge bezeichnen.

Dieses Beispiel kann aber auch anders betrachtet werden. Auf der angeführten Abbildung haben wir dem Wesen nach zwei verschiedene morphologische Typen: seigere Spaltengänge und horizontal liegende metasomatische Lager. Einzeln betrachtet ändern sich beide fließend und stetig.



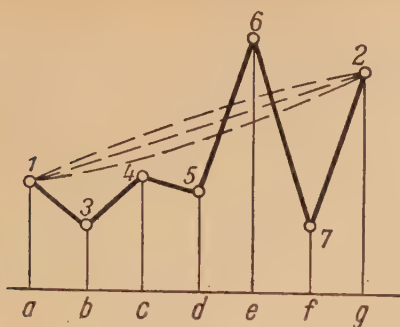


Abb. 8. Analyse des sprunghaften Charakters der Veränderung des Gehalts einer Komponente

Manchmal wird die Morphologie der Erzkörper durch Verschiebungen an Bruchstörungen nach der Erzbildung kompliziert. Hier können tatsächlich Sprünge auftreten: die Mächtigkeit eines Erzkörpers einer bestimmten angenommenen Größe sinkt bei der Berührung mit einer disjunktiven Störung sofort ohne Übergänge auf Null. Diese Sprünge haben jedoch lokale Bedeutung und müssen nach Möglichkeit bei der Konstruktion der Profile berücksichtigt werden.

Bei einigen Erzkörpern magmatischer Entstehung, aber auch bei vielen Dykes, werden knieförmige Flexuren oder plötzliche Mächtigkeitszunahmen festgestellt. Das sind ebenfalls morphologische Sprünge. Morphologische Sprünge entstehen auch dann, wenn der Erzkörper durch später entstandene Dykes durchsetzt und verworfen wird (zum Beispiel einige Lagerstätten des Bezirks Saralinsk in Westsibirien).

Es müßte eine besondere Gruppe von Erzkörpern einzeln betrachtet werden, die keine natürlichen Grenzen besitzen und die nach den Angaben der Bemusterung auf der Grundlage der festgelegten Gehaltsminima abgegrenzt werden. Leider ist diese Gruppe vom Standpunkt unseres Themas fast nicht untersucht. Es sprechen jedoch alle Gründe für die Annahme, daß sich auch hier die morphologischen Parameter im allgemeinen nach dem ersten oder zweiten Veränderlichkeitstyp ändern.

#### Die Veränderlichkeit der inneren Parameter von Erzkörpern

Der wichtigste innere Parameter der Erzkörper ist der Gehalt der Komponenten, für die sich der Erkundungsgeologe interessiert. Der sprunghafte, unstetige Charakter der Veränderung der Zusammensetzung ist die grundlegende organische Eigenschaft des gegebenen Parameters. Davon überzeugen uns die folgenden Überlegungen.

Wir entnehmen zwei Proben a und b längs der Achse einer Strecke, die im Gang aufgefahren wurde, und konstruieren dann in einem vereinbarten Maßstab eine graphische Darstellung der Veränderung des Gehalts längs dieser Strecke (Abb. 8).

Wenn sich der Gehalt einer Komponente im Intervall zwischen zwei Proben fließend und stetig verändert, so können die Punkte 1 und 2 durch eine gerade oder eine gekrümmte Linie verbunden werden. Die Gehalte der Komponente an einem beliebigen Punkt unseres Intervalls müssen auf den Interpolationslinien oder nahe bei ihnen liegen. Zur Überprüfung dieser Voraussetzung entnehmen wir zusätzliche Proben innerhalb des zu untersuchenden Intervalls. Es ergibt sich, daß der Gehalt der Komponente an den zusätzlichen Punkten der Probenahme c, d, e, f, g nicht mit unserer Linie übereinstimmt,

sondern die gebrochene Kurve 1—3—4—5—6—7—2 ergibt. Werden zusätzliche Proben innerhalb dieser kleineren Intervalle: a—c; c—d; d—e usw. genommen, so fallen die neuen Gehalte ebenfalls nicht mit den Abschnitten der gebrochenen Kurve zusammen, die eine Interpolation zwischen den kleineren Intervallen der Probenahme 1—3; 3—4; 4—5 usw. darstellen. Es entstehen gebrochene Kurven zweiter Ordnung. Verfahren wir auf diese Weise weiter, können wir gebrochene Kurven 3. 4. und höherer Ordnung erhalten. Zur Überprüfung dieser Überlegungen wurde bereits im Jahre 1932 eine engere Bemusterung im Abbaustöß eines sulfidischen Goldquarzgangs und sogar der Texturelemente einer Stufe aus dem gleichen Abbaustöß durchgeführt. Die Ergebnisse werden im folgenden kurz dargestellt.

Auf Abb. 9 ist der Abbaustöß eines Gangs dargestellt, der durch Schlitzproben mit einem Querschnitt von  $3 \times 2$  cm, welche in einem Abstand von 10 cm liegen, bemustert wurde. Die neben der Skizze dargestellte Kurve des Metallgehaltes zeigt den üblichen, gebrochenen Charakter.

In der Abb. 10 ist eine Erzstufe mit gebänderter Textur und darunter der Metallgehalt jeder Probe für jedes Band graphisch dargestellt.

Die in der Abbildung dargestellte Kurve ist ebenfalls gebrochen, hat einen sprunghaften Charakter.

Eine noch dichtere Entnahme der Proben — „Mikroprobenahme“ — durchzuführen, war unter den Betriebsverhältnissen nicht möglich.

Das angeführte Beispiel und ebenfalls die Analysen vieler Proben aus anderen Lagerstätten überzeugen uns davon, daß der unstetige, sprunghafte Charakter des Gehaltes der Komponenten tatsächlich eine grundlegende, organische Eigenschaft des inneren Parameters von Erzkörpern darstellt.

Daraus kann der für die Erkundung wichtigste Schluß gezogen werden: für Parameter, die sich unstetig und sprunghaft ändern — besonders für den Gehalt — ist es unzulässig, zwischen zwei benachbarten Beobachtungspunkten zu interpolieren. Dieser Schluß muß jedoch unbedingt durch spezielle Untersuchungen in einer großen

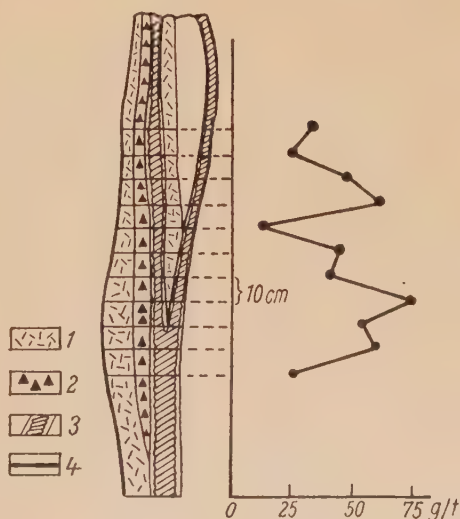


Abb. 9. Abbaustöß eines Gangs, in dem im Abstand von 10 cm Proben entnommen wurden. Das Ergebnis der Bemusterung ist in der graphischen Darstellung wiedergegeben

1 - Pyrit-Turmalin; 2 - Bleiglanz-Bournonit-Quarz;  
3 - Quarz-Meneghinit; 4 - Ort der Probenahme



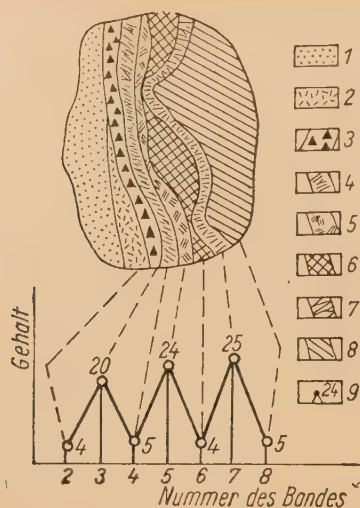


Abb. 10. Erzstufe mit gebänderter Textur; von jedem einzelnen Band ist eine Probe genommen. Die Ergebnisse der Bemusterung sind in einer Kurve dargestellt

1 - Beresit; 2 - Pyrit; 3 - Quarz-Bleiglanz; 4 - Quarz;  
5 - Bournonit; 6 - Zinkblende; 7 - Kammquarz; 8 - Quarz-Meneghinit; 9 - Goldgehalt in g/t

Anzahl von Lagerstätten nachgeprüft werden, was ohne Schwierigkeiten in einem beliebigen Erzbergwerk oder durch einen Erkundungstrupp durchgeführt werden kann. Hier taucht ganz natürlich das allgemeine Problem auf: bis zu welchen Grenzen wird der unstetige, sprunghafte Charakter der Veränderung des Gehalts der Komponenten in den Lagerstätten der verschiedenen genetischen Typen und verschiedenen Arten von Bodenschätzen beibehalten? Vielleicht gibt es Lagerstätten mit einer „ruhigeren“ Verteilung der Komponenten, wo sich der Gehalt fließender ändert und wo eine entsprechende Interpolation möglich ist? Diese Frage kann man zur Zeit noch nicht beantworten. Es muß nur bemerkt werden, daß hier die Probengröße eine große Bedeutung hat. Je größer die Probenmengen sind, desto ruhiger sieht bekanntlich die Verteilung der Komponenten im Erzkörper aus.

Nicht selten werden die Diagramme, welche die Veränderung der Gehalte einer Komponente auf Grund der in den Erkundungsbauen ermittelten Werte darstellen, künstlich ausgeglichen und die gebrochenen Kurven werden durch Anwendung von Methoden der Montangeometrie in fließende Kurven umgewandelt. Ein derartiger Ausgleich ändert natürlich nicht den Mittelwert des zu untersuchenden Kennwerts (in unserem Beispiel des Durchschnittsgehalts) und der linearen Vorräte. Vom Gesichtspunkt unseres Themas aus ist das aber unzulässig, da der reale unstetige, sprunghafte Charakter der Veränderlichkeit durch einen gar nicht existierenden fließenden Charakter ersetzt wird. Der Nutzen der Ausgleichskurven besteht nur darin, daß sie die Gesetzmäßigkeiten besser illustrieren, d. h., sie können für den dritten Typ der Veränderlichkeit benutzt werden. Man bedient sich ihrer außerdem beim Ausziehen der Linien gleicher Gehalte der Komponenten im Erzkörper, welche somit auch einen künstlichen Charakter haben und nicht ganz die wahre Verteilung der Komponenten wiedergeben. Bei Mißbrauch dieses zeichnerischen Ausgleichs wird jedoch das Verteilungsbild vollkommen verfälscht: das nach einem solchen Verfahren entworfene „Relief“ der Verteilung von Vorräten einer Komponente hat nichts mehr mit der Wirklichkeit gemein, die sich im Grunde überhaupt nicht modellieren läßt. Wenn wir in dieser

Frage ganz konsequent sein wollen, dann dürften wir nach den oben ausgesprochenen Erwägungen auch die gebrochenen Kurven nicht konstruieren. N. W. WOŁODOMONOW hat recht mit seinem Vorschlag, nur „Punkt“-diagramme zu konstruieren, ohne die aufgetragenen Punkte durch irgendeine Abhängigkeit zu verknüpfen.

Die allgemeine Folgerung, die große Bedeutung für die Erkundung hat, lautet: Parameter, die sich nach dem dritten und vierten Veränderlichkeitstyp ändern, sind am richtigsten als statistische Gesamtheit zu betrachten, in der jeder einzelne Meßwert des zu untersuchenden Parameters als zufällige und unabhängige Größe erscheint. Es ist durchaus möglich, daß bei Durchführung der in diesem Aufsatz vorgeschlagenen Untersuchungen andere Lagerstätten auftreten können, in denen die Größe der Sprünge sehr klein ist oder auch Intervalle auftreten, innerhalb derer interpoliert werden kann.

Mit dem Gehalt der Komponenten sind viele andere Parameter des Erzkörpers verknüpft: die Meterprocente, die Verteilung der entsprechenden Minerale, die linearen Vorräte, manchmal die spezifischen Gewichte. Der Verfasser hat keine Untersuchungen über ihr Verhalten angestellt, es muß aber angenommen werden, daß sie sich, wenn sie mit dem Hauptparameter — dem Gehalt der Komponenten — zusammenhängen, ebenfalls nach dem dritten oder vierten Typ ändern. Diese Vermutung schließt absolut nicht das Vorhandensein individueller Eigenarten bei jedem konkreten Parameter aus.

Einige Forscher, die sich mit den theoretischen Fragen der Erkundung befassen und Vertreter der topographisch-geometrischen Richtung sind, berücksichtigen nicht den grundsätzlichen Unterschied im Charakter der Veränderlichkeit der äußeren und inneren Parameter der Erzkörper, dehnen ihre gewöhnlich auf der Untersuchung morphologischer Parameter basierenden Folgerungen auf die inneren Kennwerte des Erzkörpers aus und simplifizieren dadurch die Frage der Theorie der Erkundung von Lagerstätten. Das ist falsch.

### Folgerungen

Es wird gezeigt, daß vier Typen der Veränderlichkeit existieren: 1) fließende, kontinuierliche und gesetzmäßige; 2) fließende, kontinuierliche, aber nicht gesetzmäßige; 3) unstetige, sprunghafte und gesetzmäßige; 4) unstetige, sprunghafte, aber nicht gesetzmäßige.

Bei der Untersuchung des Verhaltens der einzelnen Parameter eines Erzkörpers wird festgestellt, daß sich die äußeren, morphologischen Parameter in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle nach dem ersten oder zweiten Typ ändern. Ihr Wesenszug besteht im fließenden Charakter und der Kontinuität der Veränderung. Dieser Umstand gestattet eine Interpolation und sogar eine Extrapolation, wodurch die Erkundung einer Lagerstätte erleichtert wird.

Die inneren Parameter eines Erzkörpers, und in erster Linie der wesentlichste — der Gehalt der Komponenten — ändern sich nach dem dritten und vierten Veränderlichkeitstyp, d. h. unstetig und sprunghaft. Dieser Charakter der Veränderlichkeit erlaubt keine Interpolation zwischen benachbarten Meßpunkten, wodurch die Erkundung von Lagerstätten erschwert wird.

Unter Zugrundelegung der verschiedenen Eigenschaften der äußeren und inneren Parameter eines Erzkörpers kommt der Verfasser zu dem Schluß, daß man bei theore-



tischen Untersuchungen und in der Praxis der Erkundung die Erkundung der Morphologie des Erzkörpers und die Erkundung seiner inneren Eigenschaften unterscheiden muß. Der Gegensatz zwischen äußeren und inneren Parametern ist dialektisch. Ihre Einheit besteht in den Vorräten des Mineralkörpers, d. h. in dem realen Erzkörper.

Der Autor hielt es für notwendig, in dem Aufsatz auf noch ungelöste Fragen hinzuweisen und weitere Untersuchungen anzuregen, z. B. die Untersuchung der morphologischen Eigenschaften von Erzkörpern ohne natür-

liche Grenzen, der sprunghaften und un stetigen Veränderungstypen für verschiedene genetische Lagerstättentypen und für verschiedene Arten von Bodenschätzen. Der Autor unterstreicht, daß diese wichtigen Untersuchungen bei den üblichen Betriebsbedingungen durchgeführt werden können.

### Literatur

1. KREJTER, W. M.: Das Aufsuchen und die Erkundung nutzbarer Bodenschätze. — Gosgeolizdat, 1940.
2. SMIRNOW, W. I.: Die geologischen Grundlagen für das Aufsuchen und die Erkundung von Erzlagerstätten. — Isd. MGU, 1954.

## Erdölfallen und Erdöllager<sup>1)</sup>

Von N. B. WASSOJEWITSCH, Moskau

Für die Bildung von Erdöl- und Gaslagern ist es erforderlich, daß Erdöl und Gas auf ihren Migrationswegen auf *Fallen* stoßen. Dieser glücklich gewählte Ausdruck gibt das Wesen der Erscheinung gut wieder: die migrierenden Fluida werden durch verschiedenartige Speicher eingefangen und festgehalten, also durch Hindernisse, welche die Migration von Erdöl und Gas aufhalten und diese Stoffe zur *Akkumulation* zwingen.

Eine Falle ist folglich ein bestimmter Bereich im Untergrund, in dem sich Erdöl und (oder) Gas infolge der Isolierung des Speichers von der Atmo- und Hydrosphäre durch undurchlässige Gesteine ansammeln können (gewöhnlich sind Lager von wirtschaftlicher Bedeutung gemeint). Erdöl gerät jedoch bei weitem nicht in alle Fallen, und die potentiellen Möglichkeiten dazu werden bei manchen infolge der tektonischen und (oder) lithologischen Besonderheiten dieses oder jenes Bezirks nicht ausgenutzt. Deshalb können Fallen „*leer*“ sein, d. h., sie enthalten kein Erdöl und (oder) Gas, oder nur wenig. Eine bedeutende Ansammlung von Erdöl und (oder) Gas in einer Falle, die von wirtschaftlichem Interesse ist, bezeichnet man als *Lager*.

Unter einer *Lagerstätte* von Erdöl (Gas) ist ein Bereich der Erdkruste zu verstehen (gewöhnlich von  $n \cdot 10^{-1}$  bis  $n \cdot 10 \text{ km}^2$  Ausdehnung), der ein oder mehrere Lager in der Tiefe enthält, die durch einen einheitlichen geologischen Bau gekennzeichnet sind und irgendeine einzelne strukturell-tektonische Form oder lithostratigraphisch abgesonderte Zone darstellen (Antiklinale, eingebettetes Riff, abgesonderter Zonenteil einer stratigraphischen Diskordanz usw.).

Es existieren mehrere Klassifikationen der Erdölfallen. N. B. WASSOJEWITSCH unterteilt alle Fallen in drei Grundtypen: *geschlossene*, *halbgeschlossene* und *offene*. Die beiden ersten Typen hängen mit dem verschiedenartigen Auskeilen der Speichergesteine zusammen, wobei die feste Phase eines Stoffes die weitere Migration verhindert. Deshalb kann man diese Typen als *Auskeilungsfallen* bezeichnen.

In den offenen Fallen (Abb. 1) werden Erdöl und Gas infolge der antiklinalen Biegung der Schichten oder durch Auftragungen (Unebenheiten) festgehalten<sup>2)</sup>, wodurch ein allseitiger Wasserdruck hervorgerufen wird. Solche in der

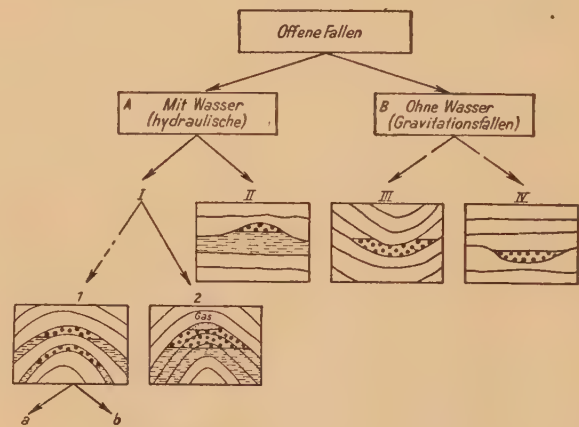


Abb. 1. Klassifikation der offenen Erdölfallen

### A. Fallen mit Wasser

I. Erdöl- und Gasfallen mit antiklinaler Biegung der Speicherschichten

1. Freie schichtige Fallen:

- a — mit beständigen Speichereigenschaften;
- b — mit veränderlichen Speichereigenschaften (möglich sind alle Übergänge zur Gruppe der lithologischen Fallen)

2. Freie massige Fallen mit horizontalem Gas- oder Erdöl-Wasser-Kontakt, der die gebogenen Schichten schneidet

II. Erdöl- und Gasfallen der primären oder durch Erosion bedingten Ausbauchung des Hangenden der Speichergesteine

### B. Fallen ohne Wasser

III. Fallen (nur Erdöl) mit synklinaler Biegung der Speicherschichten

IV. Fallen (nur Erdöl) mit konkaver Sohle der Speichergesteine  
 Zeichenerklärung: Kleine Punkte — Gas; waagerechte Striche — Wasser in den Speichern; große Punkte — Erdöl im Speicher

Natur weit verbreiteten Fallen können als *Biegungsfallen*<sup>3)</sup> der Schichten (oder entsprechend Auftragungsfallen) oder *hydraulische Fallen* bezeichnet werden. Sehr selten treten Erdölansammlungen durch Gravitation in wasserfreien Synklinalen oder Einsenkungen (Unebenheiten) eines alten Reliefs auf. Sie zählen ebenfalls zum Typ der offenen Fallen.

Die Auskeilungsfallen (die halbgeschlossenen und die seltener anzutreffenden geschlossenen) werden in vier Gruppen untergliedert (Abb. 2), von denen die ersten drei die wesentlichsten sind:

1. *lithologische*, die mit dem ursprünglichen völligen Auskeilen des Speichergesteins (auf Grund der Sedimentationsbedingungen) zusammenhängen oder nur mit dem Verlust seiner Durchlässigkeit (z. B. durch das Auftreten eines Zements im Sandstein);

<sup>1)</sup> Aus Bd. II des „Handbuchs des Erdölfeldgeologen“ (russisch), S. 254—270.

<sup>2)</sup> Z. B. bei der Einbettung von Riffen.

<sup>3)</sup> Russisch: ловушки перегиба. D. R.





Abb. 2. Klassifikation der Auskeilungsfallen

- I. Lithologische Fallen
- II. Stratigraphische Fallen (die mit stratigraphischen Unterbrechungen und Winkeldiskordanzen zusammenhängen)
- III. Fallen tektonischer Abschirmung
- IV. Fallen, die mit Zonen tektonischer Zerstückelung der Gesteine in Zusammenhang stehen

Signaturen, auch der Abb. 3, 4 und 5, wie in Abb. 1

2. *stratigraphische*, bedingt durch diskordante Auflagerung schlecht durchlässiger Gesteine einer jüngeren Ablagerungsreihe auf die durch Denudation abgeschnittene Schicht (Schichten) des Speichers;
3. *tektonisch abgeschirmte*, die von einem Bruch (Brüchen) abhängen, der den Speicher abschneidet und ihn mit schlecht durchlässigen Gesteinen in Kontakt bringt;
4. mit Zonen *tektonischer Zertrümmerung* der Gesteine zusammenhängende.

Die halbgeschlossenen und geschlossenen Fallen können auch nach der Entstehungszeit des einen oder anderen Auskeilungstyps der Gesteine mit Speichereigenschaften (oder im allgemeineren Fall, der Zeit des Verlusts oder der Erlangung dieser Eigenschaften), klassifiziert werden. Das Auskeilen (im erwähnten weiteren Sinne) kann primär, frühsekundär oder spätsekundär sein.

Die Abb. 3, 4 und 5 zeigen schematisch die Klassifikationen der Auskeilungsfallen verschiedener Art.

Natürlich müssen alle diese Bezeichnungen der Erdölfallen (und der damit zusammenhängenden Lager) — lithologische, stratigraphische, tektonisch abgeschirmte — als in gewisser Hinsicht bedingt angesehen werden; sie unterstreichen den sichtbaren Charakter der unmittelbaren Ursache für die Entstehung einer Falle des gegebenen Typs. Kausal ist aber stets die Tektonik. Der tektonische Faktor ist (mit sehr seltenen Ausnahmen) überhaupt tonangebend im Entwicklungsprozeß der sedimentären Gesteinsbildung; dieser Faktor lenkt auch die Migration der Fluida in der Erdkruste.

Das bedeutet natürlich nicht, daß der lithologische Faktor bei der Fallenbildung keine große Rolle spielt. Es versteht sich von selbst, daß Fallen nur entstehen können, wenn Gesteine mit Speichereigenschaften vorhanden sind.

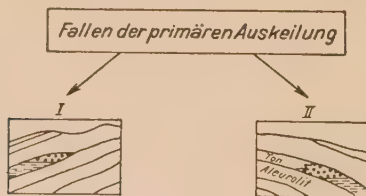


Abb. 3. Klassifikation der primären Auskeilungsfallen

- I. Fallen des völligen (oder eigentlichen) Auskeilens der Speichergesteine
- II. Fallen des „faziellen“ Auskeilens (der Speicher wird durch ein undurchlässiges Gestein ersetzt)

In der Natur sind auch verschiedene Kombinationen jener Faktoren zu beobachten, die der Einteilung der aufgezählten Fallen und der mit ihnen zusammenhängenden Erdöllager zugrunde gelegt wurden. In ein und derselben Erdöllagerstätte kann es Fallen (Lager) verschiedener Typen geben.

Die Unterteilung der Fallen in offene, halbgeschlossene und geschlossene (oder in Auskeilungsfallen und Biegungsfallen der Schichten) hat große Bedeutung für das Verständnis der Prozesse, die zur Entstehung der Erdöllager und, ganz besonders, zu ihrer späteren Verlagerung und Zerstörung führen. So kann z. B. bei Erhöhung des hydrostatischen Drucks in den Schichten (infolge einer bedeutenden Hebung des Gebiets, in welchem sie durch atmosphärische Wässer gespeist werden) das Erdöl bei verhältnismäßiger Beständigkeit der Speicher aus den offenen hydraulischen Fallen durch das Wasser herausgepreßt werden, vor allem bei mäßiger Amplitude der

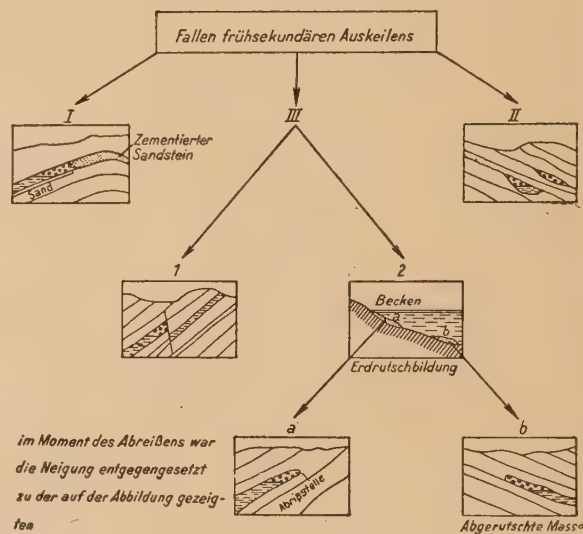


Abb. 4. Klassifikation der frühsekundären Auskeilungsfallen

- I. Fallen diagenetischen „Auskeilens“ (Verlust der Speichereigenschaften durch diagenetische Vorgänge)
- II. Fallen, entstanden durch frühe Erosion innerhalb der Formation der Speichergesteine (innerhalb der Formation).
- III. Deformations-Auskeilungsfallen
  1. Fallen tektonischer Abschirmung der Speicher infolge tektonischer Störungen, die fast gleichzeitig mit der Ablagerung der erdölführenden Schichtfolge entstanden
  2. Auskeilungsfallen entstanden durch Unterwasser-Erdrutsche
    - a — im autochthonen (an Ort und Stelle verbleibenden) Teil der Speichergesteine
    - b — im allochthonen (abgerutschten) Teil der Speichergesteine

Falte und bei geneigter Schichtbiegung. Dadurch wird das Lager entweder verlagert oder aber vollständig zerstört. In halbgeschlossenen Fallen jedoch wird die Erhöhung des Wasserdruckes lediglich zum Ansteigen des Schichtdrucks im Lager führen, d. h., diese Erhöhung wird sich (vom praktischen Standpunkt aus) nicht negativ, sondern positiv auswirken.

Interessante Überlegungen über die Bedingungen für eine Ansammlung von Erdöl und Gas in den Fallen (den offenen), und umgekehrt, ihre Wegführung aus den Fallen unter der Einwirkung der Schichtwasserbewegung, stellte unlängst W. P. SAWTSCHENKO an. Nach den von ihm durchgeführten Berechnungen ist der Abtransport des Gases (im freien Zustand) und des Erdöls aus den Fallen nach unten in Einfallsrichtung jener Gesteinspartien, in





Abb. 5. Klassifikation spätsekundärer Auskeilungsfallen

- I. Fallen katagenetischen „Auskeilens“ (Verlust der Speichereigenschaften durch katagenetische Vorgänge)
- II. Fallen hypergenetischen „Auskeilens“ (Verlust der Speichereigenschaften durch hypergenetische Vorgänge)
- III. Fallen des stratigraphischen Auskeilens der Speichergesteine durch Erosion der Grenze verschiedener Schichtfolgen (Erosion zwischen den Formationen)
- IV. Fallen, entstanden durch tektonische Abschirmung der Speichergesteine (die tektonischen Störungen traten nach Abschluß der Bildung der erdölführenden Schicht auf)

die der Lauf des Wassers gerichtet ist, nur dann möglich, wenn die Neigung der Gesteine in dieser Richtung (ausgedrückt in Metern auf eine bestimmte Entfernung) geringer ist als die Verschiebung des Gas- ( $C_g$ ) oder Erdöllagers ( $C_e$ ) in derselben Entfernung. Im entgegengesetzten Fall sind die Bedingungen für eine Gas- und Erdölsammlung in der Falle gegeben.

Die Verschiebung des Gas- oder Erdöllagers ( $C_g$  bzw.  $C_e$ ) hängt von der Differenz der Schichtdrücke (dem Druckabfall) des Wassers in der Erstreckung des Lagers und der Differenz der spezifischen Gewichte von Wasser ( $\gamma_w$ ) und Gas ( $\gamma_g$ ) oder von Wasser und Erdöl ( $\gamma_e$ ) ab. Daher ist

$$C_g = \frac{10 (P_1 - P_2)}{\gamma_w - \gamma_g}$$

und

$$C_e = \frac{10 (P_1 - P_2)}{\gamma_w - \gamma_e}$$

Der Druckabfall ( $P_1 - P_2$ ) entspricht der Differenz der statischen Wasserstände ( $h$ ).

W. P. SAWTSCHENKO hob hervor, daß ein scharfer Druckabfall des Schichtwassers und folglich auch eine große Verlagerung der Gaslager und um so mehr der Erdöllager nur bei bereits gebildeten Gas- und Erdöllagern eintreten kann, die einen bedeutenden Teil des wirksamen Querschnitts der Schicht verschließen und dadurch den genannten Druckabfall des Wassers hervorgerufen. Vor der Bildung der Gas- und Erdöllager macht die Änderung des Wasserdrucks in den Schichten nur dm oder cm aus und übersteigt selten 1 m auf 1 km Entfernung.

Bei geringer Änderung des Wasserdrucks  $h$  ist der Wert für die Verschiebung des Gaslagers  $C_g$  praktisch gleich dem Wert für die Änderung des Wasserdrucks, der Wert für die Verschiebung des Erdöllagers  $C_e$  ist jedoch um ein Vielfaches größer als der Wert für die Änderung des Wasserdrucks  $h$ . Folglich ist die Schichtneigung in Richtung der Wasserbewegung, selbst wenn sie nur dm und in einigen Fällen sogar nur cm auf 1 km

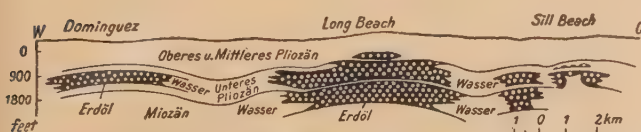


Abb. 6. Schichtförmige Erdöl-Scheitellager im Längsprofil Los Angeles (Kalifornien) (nach HOOTS u. HEROLD) (6)

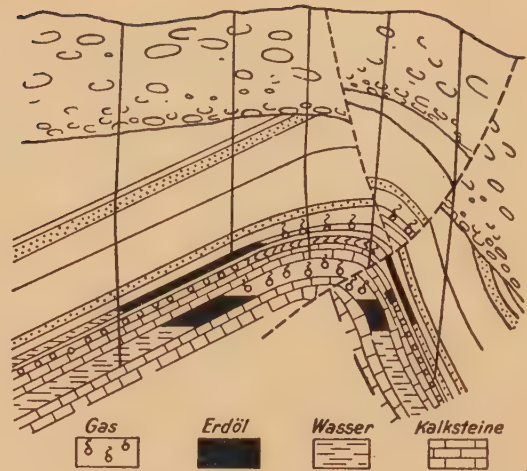


Abb. 7. Schichtförmige Erdöl- und Gas-Scheitellager im Querprofil

Die Lager werden durch kleinere epiantiklinale Störungen zerschnitten. Eine der mittelasiatischen Lagerstätten, nach A. W. ULJANOW

Entfernung beträgt, schon in der Lage, eine Gasansammlung in der Falle zu bedingen.

W. P. SAWTSCHENKO weist ferner darauf hin, daß bei Vorhandensein hochmineralisierten Wassers für die Erdölansammlung in den Fallen die Neigungswinkel mindestens doppelt so groß sein müssen, als bei Gas; bei entsalztem Wasser und bei schwerem Erdöl muß diese Überhöhung sogar das Zehnfache betragen (die Schichtneigung muß mindestens 20–30 m auf 1 km betragen).

Die Klassifikation der Erdöllager erfolgt gewöhnlich nach den Typen der Fallen, dem Charakter der Speicher, dem Verhältnis zwischen Erdöl, Gas und Wasser in den Fallen und auch nach den allgemeinen geologischen Bedingungen. Der nachstehend angeführten Klassifikation der Lager wurden die Arbeiten von Prof. I. O. BROD zugrunde gelegt.

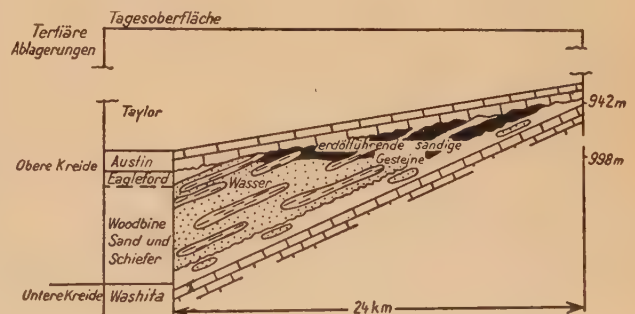


Abb. 8. „Stratigraphische Erdöllager“, d. h. Lager, die mit einer stratigraphischen Diskordanz in Zusammenhang stehen; Lagerstätte East-Texas — Profil von West nach Ost (nach W. S. MORRIS aus „The Geography of Oil“)

I. O. BROD unterscheidet drei Hauptgruppen der Lager:

- I — schichtige
- II — massige
- III — lithologisch (allseitig) begrenzte.

Die Gruppe I wird nach den Typen der Fallen in zwei Untergruppen gegliedert:

- A) — die Untergruppe der offenen („gewölbten“ nach I. O. BROD) und
- B) — die Untergruppe der halbgeschlossenen oder auskeilenden („abgeschirmten“ nach I. O. BROD).



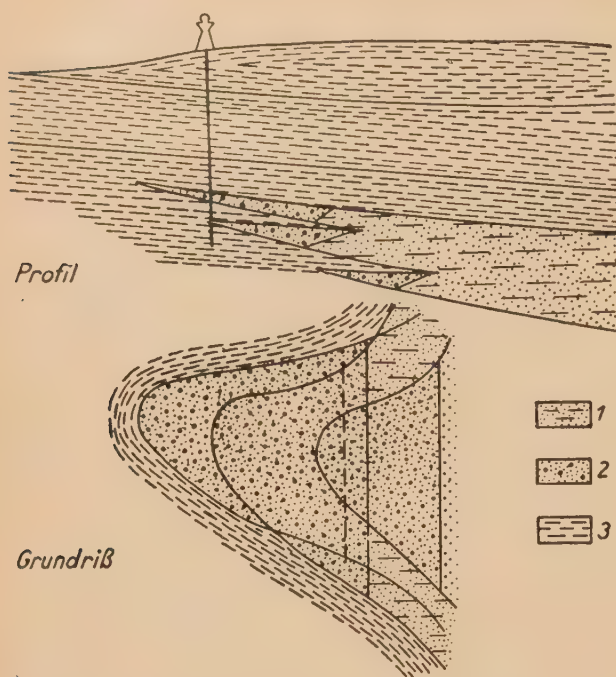


Abb. 9. Lithologische Erdöllager, die mit lithologischen Auskeilungsfallen in Zusammenhang stehen

Nordwestlicher Kaukasus. Nach A. W. ULJANOW

1 – wasserführende Sande; 2 – erdölführende Sande; 3 – Tone

Kennzeichnend für die offenen (gewölbten) Lager ist die allseitige Begrenzung der Erdöl- bzw. Gasansammlungen in der Schicht durch Wasser (hydraulische Falle). Die Grenze zwischen Erdöl und Wasser (Umriß der Erdölführung) ähnelt gewöhnlich einer horizontalen Fläche. Wenn Sohlenwasser vorhanden ist, hat diese Grenze oft eine nach oben schwach gewölbte Form.

Beispiele von Erdöllagern, die zur Untergruppe der offenen zählen, sind in Abb. 6 und 7 (untere Schicht) dargestellt.

In die Untergruppe der halbgeschlossenen Lager gehören solche, die gebunden sind an Fallen:

1. stratigraphischer Diskordanz (Abb. 8)
2. lithologischen Auskeilens (Abb. 9) und
3. tektonischer Abschirmung (Abb. 10 und 11).

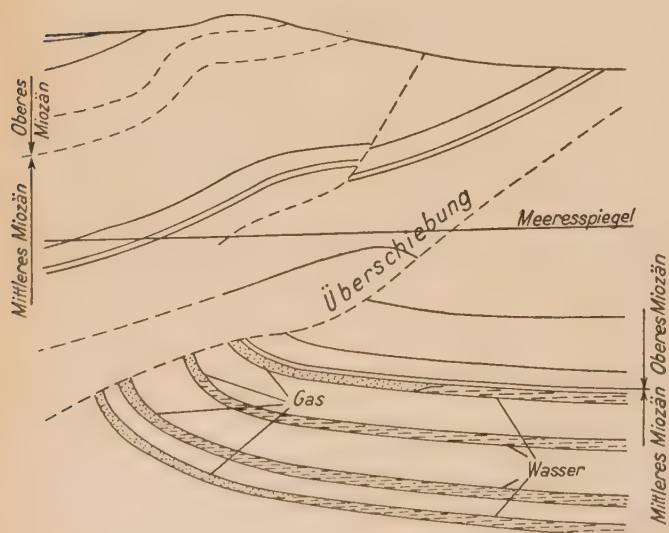


Abb. 10. Tektonisch abgeschirmte Gaslager — Nordöstlicher Kaukasus. Nach E. L. PESCHTITSCH

In der Gruppe II oder in der Gruppe der massigen Lager unterscheidet I. O. BROD drei Untergruppen:

- A) Lager in strukturellen Auftragungen<sup>4)</sup>
- B) in Erosionsauftragungen<sup>5)</sup>
- C) in biogenen Auftragungen (Abb. 12)<sup>6)</sup>

Alle diese Lager sind an offene hydraulische Fallen gebunden und werden durch eine horizontale (oder fast horizontale) Erdöl-Wasser-Grenze gekennzeichnet, die die gesamte Auftragung durchschneidet. Die Form des Lagers hängt nur von der Oberflächenform der Auftragung ab. Dadurch unterscheiden sich die massigen Lager von den gewölbten, deren untere Fläche nicht horizontal<sup>7)</sup>, sondern ähnlich der oberen ist und von der Form der Unterfläche des Speichergesteins bestimmt wird.

In der Gruppe III oder der Gruppe der lithologisch begrenzten Lager unterscheidet I. O. BROD drei Untergruppen:

- A) Lager, die von schlecht durchlässigen Gesteinen begrenzt werden (Gruppe der geschlossenen Lager nach N. B. WASSOJEWITSCH)

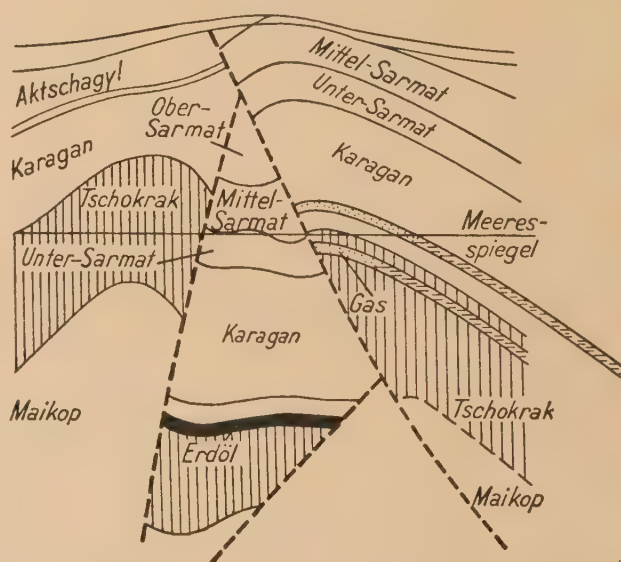


Abb. 11. Tektonisch abgeschirmte Gas- und Erdöllager. Erdöllager in einem abgesunkenen Block, von Brüchen begrenzt; war früher anscheinend ein Scheitellager und bildete sich vor den Gaslagern. Nordöstlicher Kaukasus. Nach E. L. PESCHTITSCH

- B) Lager, die von wasserführenden Gesteinen begrenzt werden;
- C) Lager, die teils von schlecht durchlässigen und teils von wasserführenden Gesteinen begrenzt werden.

Die letzte Untergruppe (C) stellt somit einen gemischten Typ dar, der durch die Merkmale der beiden ersten Gruppen (A und B) gekennzeichnet ist.

In der Natur sind nicht selten Lager zu beobachten, die vom Gesichtspunkt der angeführten Klassifikation

<sup>4)</sup> (Sättel u. a.) D. R.

<sup>5)</sup> (Burried mountains u. a.) D. R.

<sup>6)</sup> (Fossile Riffe u. a.) D. R.

<sup>7)</sup> Mit Ausnahme des Falls, in dem das Erdöl nicht einmal im Gewölbe der Falte die gesamte Schicht bis zur Sohle füllt, sondern nur einen Teil (d. h., wenn sich auch Wasser im Gewölbe befindet).



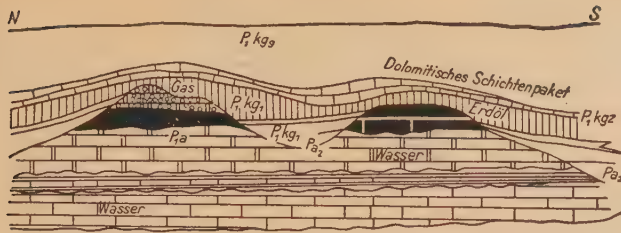


Abb. 12. Massige Lager von Gas und Erdöl in biogenen Auf-  
ragungen an der Kama. Nach I. O. BROD

aus eine Übergangsstellung einnehmen, d. h. in sich die Merkmale verschiedenen Untergruppen und Gruppen vereinigen.

Mam kann die Lager auch nach dem Verhältniß der in ihnen enthaltenen Fluida klassifizieren. So unterscheidet man:

1. reine Gaslager,
2. Erdöllager mit Gaskappe,
3. Erdöllager ohne Gaskappe, aber reich an gelöstem Gas und
4. mit Gas schwach gesättigte Erdöllager.

Alle diese Lager sind stets von Wasser unterlagert (wasserfreie Lager sind eine ganz seltene Ausnahme).

In der praktischen Arbeit des Erdölgeologen besteht meist nicht das Bedürfnis nach einer allgemeinen, allumfassenden Klassifikation der Erdöllager, sondern nach einer regionalen, welche nur die Lagertypen berücksichtigt, die in dem betreffenden Gebiet vorhanden sind (oder erwartet werden können). Ein Beispiel für eine Klassifikation dieser Art zeigt Tabelle 1.

Für die vorliegende Ausgabe wurde von Prof. M. W. ABRAMOWITSCH eine Klassifikation der Erdöllager, als Objekte der Sucharbeiten, aufgestellt. Sie wird in etwas gekürzter Form in Tabelle 2 wiedergegeben.

Lagerstätten mit schichtigen und linsenförmigen Lagern müssen danach unterschieden werden, ob viele oder einzelne erdölführende Schichten (Lager) vorhanden sind.<sup>4</sup>

Beim Auftreten disjunktiver Störungen kann die Begrenzung der Lager im Grundriß Knicke aufweisen.

Massige Lager können an Erosionsaufragungen, tektonische Aufragungen sowie an Riffbildungen gebunden sein.

Den massigen Lagern können solche Lager ähneln, die an Spalten in festen Gesteinen gebunden sind.

Unter Benutzung der in der ungekürzten Tabelle 2 enthaltenen Angaben über die Lage des Wasser-Erdöl-Kontakts sowie der Hinweise von A. L. KOSLOW kann man über diese Grenze folgendes sagen:

Die räumliche Lage des Wasser-Erdöl-Kontakts kann verschieden sein. Häufig („im Normalfall“) liegt er horizontal oder fast horizontal, nicht selten kann er aber auch eine geneigte Lage haben und sogar ziemlich gekrümmt sein. Die anfänglichen Abweichungen der Wasser-Erdöl-Grenze von einer horizontalen Fläche werden von zwei Hauptfaktoren bestimmt — der Hydrodynamik der Untertagewässer und der Veränderung der physikalischen Eigenschaften der Speicher. Wenn die Schichtdrücke in verschiedenen Teilen einer tektonischen Hebung voneinander abweichen, kann sich das Erdöl-

lager im Verhältnis zum Gewölbe als mehr oder weniger verlagert erweisen oder sogar vollständig auf die Flanke verrutschen („Hängelager“). Mit der Veränderung der geologischen Verhältnisse ändert sich auch die Lage des Erdöllagers. Möglich ist z. B. ein zusätzlicher Erdölzufluß, der dann unausbleiblich zu der einen oder anderen Änderung der ursprünglichen Grenze zwischen Wasser und Erdöl führt.

Das Erdöl kann schließlich überhaupt die betreffende Falle verlassen und in eine andere Falle abfließen (oder zerstreut und zersetzt werden).

## Literatur (russisch)

1. ABRAMOWIJSCH, M. W.: Das Aufsuchen und Erkunden von Erdöl- und Gaslagern. 3. Auflage, Gostoptechnisdat, 1948.
2. BROD, I. O. & J. F. FROLOW: Das Aufsuchen und Erkunden von Erdöl- und Gaslagerstätten, Gostoptechnisdat, 1950.
3. BROD, I. O.: Erdöl- und Gaslager. Gostoptechnisdat, 1951.
4. MIRTSCHINK, M. F.: Erdölbetriebsgeologie. Gostoptechnisdat, 1946.
5. POTAPOW, I. I.: Zur Frage der Bildung von Erdöllagern. Ber. Ak. Wiss. Aserbaidsh. SSR, Nr. 9, 1953.

**Klassifikation der Erdöllager in den  
Ablagerungen des Mittleren Miozäns im nordöstlichen Kaukasus**  
(nach E. L. PESCHTITSCH, 1954)

Tabelle 1

Fallentyp	Gruppe der Lager	Form der Lager
Biegungsfallen	Schichtige, gewölbte Lager, nach unten im Einfallen von Wasser begrenzt	Ungestörte gewölbte Lager Wenig gestörte gewölbte Lager Durch Brüche ab- geschnittene gewölbte Lager Durch Brüche ab- geschnittene und zer- blockte gewölbte Lager
Fällen des primären Auskeilens	Halbgeschlossene	Mit tektonischen Brüchen nicht in Zusammenhang stehend  An Brüche anschließend
	Geschlossene	
	Halbgeschlossene	
	Geschlossene	
Fällen des sekundären Auskeilens	Tektonische	Tektonisch abgeschirmte Schichtlager  Stratigraphisch ab- geschirmte Lager
	Stratigraphische	

## Klassifikation der Erdöllager als Objekte von Sudarbeiten (nach M. W. ABRAMOWITSCH)

Tabelle 2

Typen der Lager	Fallen, denen die Lager zugeordnet sind			Formen der Lagerkörper
	Typen	Klassen	Hauptarten und Varietäten	Art der Grenzen im Grundriß
Schichtig	Stratigraphisch	Antiklinalen mit un- gestörtem Scheitel	Scheitelteile der Anti- klinalen oder Brachy- antiklinalen, flacher, schwach ausgeprägter (mit geringer Höhe) oder scharf ausgeprägter mit großer Höhe), wenig ge- stört oder (in bezug auf die Achse) mit Längs- und Querstörungen. Periklinale Teile von Antiklinalen verschiede- nener Arten	Gerundet. Die Gren- zen werden durch den Erdöl-Wasser-Kon- takt bestimmt. Bei vorhandenen Quer- störungen können die Grenzen des Lagers geknickt sein, sogar bis zur Bildung von Lagern in Form eines „Vordachs“



Typen der Lager	Fallen, denen die Lager zugeordnet sind			Formen der Lagerkörper	Typen der Lager	Fallen, denen die Lager zugeordnet sind			Formen der Lagerkörper
	Typen	Klassen	Hauptarten und Varietäten	* Art der Grenzen im Grundriß		Typen	Klassen	Hauptarten und Varietäten	Art der Grenzen im Grundriß
Schichtig	Stratigraphisch	Antiklinalen mit denu- diertem Scheitel	Die Falte ist schwach oder scharf ausgeprägt, wenig oder bedeutend durch eine disjunktive Dislokation gestört. Periklinale Faltenteile	Die äußeren Grenzen sind gerundet (Kontakt Erdöl-Wasser); im Aufwärtssteigen ist das Lager von einer Verwitterungszone begrenzt; an den Ausbissen der Erdöl- und Gasschichten kann eine Wasserzone liegen	Schichtig	Stratigraphisch		Entfernung von ihnen) oder auf flachen oder geneigten Monoklinalen, mit linearem oder welligem Streichen parallel oder nicht parallel zu den Auskeilungslinien; in den periklinalen Teilen von Antiklinalen auskeilende Schichten; durch Disjunktionen gestört oder nicht gestört	gesehen kann das Lager eine bandähnliche oder segmentartige Form haben
		Antiklinale mit ge- störtem Scheitel	Der Scheitel ist durch einen Durchspießungskern, einen Salzstock oder einen Schlammvulkan gestört; die Falte ist in geringem oder bedeutendem Maß durch eine disjunktive Dislokation gestört. Periklinale Faltenteile	Der äußere Umriss ist gerundet (Kontakt Erdöl-Wasser); zusammen mit der Störung des Scheitels wird das Lager unterbrochen, von einer Innenkontur begrenzt (Kontakt Erdöl-Gestein) oder vom Ausgehenden der erdölführenden Schichten. Die Konturen können Knicke aufweisen			Schichten, durch Erosion abgeschnitten und mit diskordant auflagernden Schichten bedeckt	Schichten auf flachen oder geneigten Monoklinalen, mit linearem oder welligem Streichen parallel (oder nicht parallel) zur Kontaktlinie der diskordanten Auflagerung, durch Disjunktionen gestört oder nicht gestört	Wie oben
		Durch Längsüberschiebungen zerbrochene und komplizierte Antiklinalen	Der Scheitel liegt über der Überschiebung, welche flach oder steil, einfach oder kompliziert (mit einer oder mehreren Bruchflächen) sein kann; entweder ein der Überschiebung anliegender, unter ihr gelegener Faltenhügel, oder ein in eine komplizierte Überschiebung eingeklemmtes Schichtenpaket; periklinale Faltenteile. Falten wenig oder stark gestört durch zusätzliche (diagonale oder transversale) Disjunktionen	Gerundet (Erdöl-Wasser), in einer bekannten Erstreckung linear abgeschnitten (Erdöl-Gestein). In dem zwischen Brüchen der Überschiebungen eingeklemmten Paket kann das Lager von zwei Seiten abgeschnitten sein (Erdöl-Gestein). Der Umriss kann Knicke aufweisen (wie oben)	Massig	Unregelmäßig	Linsen- förmige und schlauch- artige Sand- ablagerungen	Mit alten Strandlinien oder Strombetten von Wasserläufen oder mit Unebenheiten des Beckenbodens in Zusammenhang stehende Sandablagerungen. Schichtenpakete mit verschiedenen Verbreitungsgrenzen der einzelnen Schichten; durch Disjunktionen gestört oder ungestört	Unregelmäßig (Erdöl-Gestein oder Erdöl-Wasser). Das Lager kann im Grundriß eine bandförmige oder segmentartige Form haben
	Lithologisch	Gefaltete Formen auf Monoklinalen	Örtliche Falten und Strukturterrassen, mehr oder weniger scharf ausgeprägt, auf flachgeneigten oder abfallenden Flanken flacher, konkaver oder konvexer Erhebungen, nicht disloziert oder disloziert durch disjunktive Störungen	Mehr oder weniger gerundet (Kontakt Erdöl-Wasser)			Syngenetisch mit den Nebenschichten entstanden	Durchlässige Zonen und Linsen in Sandsteinschichten und Karbonatgesteinen	Unregelmäßig (Erdöl-Wasser und Erdöl-Gestein)
							Epigenetische	Poröse und kavernöse Zonen, die sich durch örtliche Auflösung von Karbonatgesteinen und durch Veränderung in der mineralischen Zusammensetzung gebildet haben	Wie oben
							Syngenetisch mit den Nebengesteinen entstanden	Durchlässige Zonen in Karbonat- und Sandgesteinen	Wie oben
	Tektonoklastisch	Disjunktive Störungen	Flach oder steil einfallende Verwerfungen und Aufschiebungen, Störungen, die Teile der Falten abscheren. Überschiebungen und Nebenüberschiebungen	Gerundet, abgeschert (Erdöl-Wasser und Erdöl-Gestein); kann auch die Form eines „Vordachs“ haben			Epigenetische	Poröse und kavernöse Zonen, die sich durch Lösungsprozesse in Karbonatgesteinsmassiven in den Gesteinshüten von Salzdomen usw. gebildet haben	Unregelmäßig (Erdöl-Gestein)
		Im Steigen auskeilende Schichten	Schichten, verschieden scharf auf den Flanken antiklinaler Erhebungen auskeilend (sowohl in der Nähe der Faltenscheitel, wie auch in bedeutender	In bekannter Erstreckung linear abgeschnitten (Kontakt Erdöl-Gestein), teilweise gerundet (Erdöl-Wasser); im ganzen			Kluftzonen, die sich bei einer Dislokation gebildet haben	Zonen, die sich durch Biegungen sowie durch disjunktive oder Schwerestörungen gebildet haben	Wie oben



# Die Lösung einiger praktischer Aufgaben der Ausbeutung von Erdöllagerstätten mit Hilfe von Isobarenkarten<sup>1)</sup>

Von A. P. KRYLOW, W. N. WASSILJEWSKIJ & I. D. UTRICHIN

In den letzten Jahren benutzt man bei der Analyse der mit der Erdölförderung verbundenen Vorgänge gewöhnlich Isobarenkarten. Sie sind ein obligatorischer Teil der Dokumentation und charakterisieren die Förderung aus Erdöllagerstätten.

Allerdings werden diese Karten gegenwärtig in der Regel nur angewandt, um die Höhe des mittleren Schichtdrucks festzustellen und um qualitativ (nicht quantitativ) die Vorgänge bei der Förderung aus Erdöllagerstätten zu beurteilen. Eine richtig zusammengestellte Isobarenkarte kann indessen bei der Lösung vieler praktischer Aufgaben große Hilfe leisten.

Im vorliegenden Aufsatz befassen wir uns nicht mit den Konstruktionsmethoden von Isobarenkarten. Wir bemerken lediglich, daß die bekannten Konstruktionsverfahren dieser Karten nur annähernd in der Lage sind, das wirkliche Bild der Druckverteilung in der Schicht wiederzugeben. Dieser Aufsatz bezweckt, die Anwendungsmöglichkeiten von Isobarenkarten an mehreren Beispielen zu zeigen und gleichzeitig die Lösung dieser Aufgaben zu beschreiben.

Erste Aufgabe: *Bestimmung der Geschwindigkeit, mit der einzelne Teile der Grenzlinie der Erdölführung sich verschieben.*

Wir wollen den Fall betrachten, daß ein Lager ausbeutet wird, in dem der Schichtdruck überall höher ist als der Sättigungsdruck des Gases im Erdöl. Die Bewegung einer Flüssigkeit an einem beliebigen Punkt einer porösen Schicht muß dem Gesetz von DARCY gehorchen:

$$v_g = \frac{k}{\mu} \cdot \frac{dp}{ds} \quad (1)$$

$v_g$  = Filtrationsgeschwindigkeit der Flüssigkeit in cm/s;  
 $k$  = Koeffizient der Durchlässigkeit in darcy;  
 $\mu$  = Viskosität der Flüssigkeit unter den in der Schicht herrschenden Verhältnissen in Centipoise;  
 $\frac{dp}{ds}$  = absoluter Wert des Druckgradienten an dem betrachteten Punkt in at/cm.

Berücksichtigt man, daß man den Druckgradienten als annähernd gleich dem Wert von  $\frac{\Delta p}{\Delta s}$  annehmen darf ( $\Delta p$  = Druckabfall am Ende einer kleinen Strecke  $\Delta s$ ) und daß die wahre Geschwindigkeit der Flüssigkeitsbewegung gleich dem Verhältnis der Filtrationsgeschwindigkeit zum Produkt aus dem Porenvolumen der Schicht und dem Koeffizienten der Porenausnutzung ist ( $v = \frac{v_g}{m \cdot \beta}$ ), so kann man den Ausdruck für die Bestimmung der wahren Geschwindigkeit der Flüssigkeitsbewegung an einem beliebigen Punkte der Schicht in folgender Form schreiben:

$$v = \frac{k}{\mu m \beta} \cdot \frac{\Delta p}{\Delta s} \quad (2)$$

Aus der Beziehung (2) kann man die wahre Bewegungsgeschwindigkeit der Flüssigkeit an jedem beliebigen Punkt der Schicht berechnen, auch an einem beliebigen

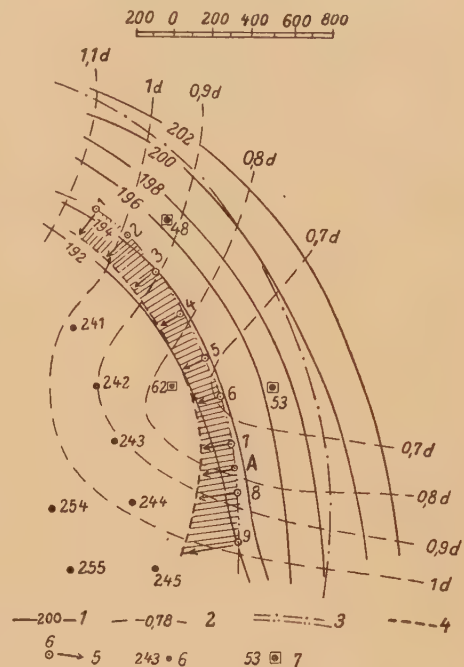


Abb. 1

1 — Linien gleichen Drucks; 2 — Linien gleicher Durchlässigkeit; 3 — der äußere und der innere Umriss der Erdölführung; 4 — Kurvenbild der Verschiebungsgeschwindigkeiten von Punkten auf dem inneren Umriss der Ölführung; 5 — Geschwindigkeitsvektoren; 6 — Exploitationsbohrungen; 7 — piezometrische und Beobachtungsbohrungen

Punkt der Grenzlinie für die Ölführung, sofern für diesen

Punkt die Größen  $k$ ,  $\mu$ ,  $m$ ,  $\beta$  und  $\frac{\Delta p}{\Delta s}$  bekannt sind.

In den meisten Fällen können diese Größen im voraus bekannt sein. Die Durchlässigkeit an einem beliebigen Punkt der Schicht z. B. kann aus einer Karte gleicher Durchlässigkeiten entnommen werden, die Porosität aus einer Karte gleicher Porositäten, die Viskosität der Flüssigkeit und der Koeffizient der Porenausnutzung werden durch Messungen im Laboratorium bestimmt, und den Wert  $\frac{\Delta p}{\Delta s}$  kann man aus der Isobarenkarte er-

mitteln ( $\Delta p$  = Druckabfall zwischen den auf beiden Seiten des betrachteten Punktes nächstgelegenen Isobaren,  $\Delta s$  = Abstand zwischen diesen beiden Isobaren, gemessen auf der durch den betrachteten Punkt senkrecht zu den Isobaren verlaufenden Flußlinie). Haben wir auf dem zu untersuchenden Stück des äußeren oder des inneren Umrisses der erdölführenden Zone mehrere Punkte ausgewählt, so können wir für jeden von ihnen die wahre Bewegungsgeschwindigkeit der Flüssigkeit errechnen und in einem bestimmten Maßstab die Vektoren der Geschwindigkeiten an diesen Punkten einzeichnen, wobei ihre Richtung mit den Normalen zu den Isobaren übereinstimmen muß. Dann verbinden wir die Enden der Vektoren durch eine fließende Linie und erhalten ein Kurvenbild für die Geschwindigkeiten, mit denen sich die Punkte auf dem Umriss der Erdölführung verschieben.

<sup>1)</sup> Aus „Erdölwirtschaft“, (russisch) Moskau, 1956, Heft 2.







Sind die Parameter  $h$  und  $\mu$  bekannt, so kann man auf die angegebene Weise den Parameter  $k$  einzeln berechnen.

In dem oben angeführten Beispiel wurde der Fall der Bewegung der Flüssigkeit in einer Richtung betrachtet. In einigen Fällen der Praxis kann die Bewegung der Flüssigkeit als radial angesehen werden. Daher kann man dann den Parameter  $\frac{kh}{\mu}$  oder die Durchlässigkeit  $k$  angenähert aus Sektoren ermitteln, die bedingt durch Linien gebildet werden, welche normal zu den Isobaren verlaufen und zur Berechnung die Gleichungen für den radialen Zufluß benutzen.

**Dritte Aufgabe: Feststellung der Beschaffenheit des äußeren (jenseits der Ölgrenze gelegenen) Gebiets während der Ausbeutung des Öllagers unter den Bedingungen eines elastischen Regimes.**

Bei der Ausbeutung eines Lagers unter den Bedingungen eines elastischen Regimes wird die Arbeit der Schicht hauptsächlich durch die Charakteristik des außerhalb des Lagers befindlichen Gebiets bestimmt. Die Erkundung untersucht indessen lediglich das Feld des eigentlichen Lagers und teilweise der unmittelbar angrenzenden Fläche. Das ganze übrige System, das den elastischen Hauptvorrat enthält, bleibt gewöhnlich unerkundet. Bei den Berechnungen wird angenommen, daß die Schicht unendlich ist oder sich bis zu irgendwelchen durch die Erkundung festgestellten Grenzen erstreckt, daß sie keine Unterbrechungen aufweist, homogen und durch die gleichen Parameter (Mächtigkeit, Durchlässigkeit) gekennzeichnet wird, die der erkundete Teil des Systems besitzt.

Derartige Annahmen hinsichtlich der Umgebung sind in den meisten Fällen infolge Störungen verschiedener Art irrig, da Verwerfungen, Auskeilen, Fazieswechsel, Änderungen der Mächtigkeit und Durchlässigkeit beobachtet werden können. Die auf Grund solcher Annahmen gemachten Voraussagen über das Tempo des Druckabfalles können sich um ein Vielfaches von den tatsächlichen unterscheiden, wie die Betriebserfahrung für einige Lager zeigt.

Die Charakteristik der Umgebung eines Lagers muß mit verschiedenen Mitteln festgestellt werden, angefangen mit der Verwertung aller Erkundungsergebnisse nicht nur des untersuchten Lagers, sondern auch der benachbarten Schichten. Diese grundlegende, vollwertige hydrodynamische Charakteristik des umgebenden Gebiets können nur Beobachtungen ergeben, die über den Druckabfall des Lagers bei Flüssigkeitsentzug aus ihm gemacht werden.

Beobachtungen über die Druckänderung können sowohl an einzelnen Punkten der Schicht als auch an der ganzen Schicht gemacht werden. Im letzten Falle ist es zweckmäßig, die Angaben der Isobarenkarten zu benutzen.

Bei der Analyse der Druckänderungen ist festzustellen, daß die Formeln für das elastische Regime, die für eine unendlich ausgedehnte Schicht abgeleitet wurden, auch für die wirklich vorhandene Schicht Gültigkeit haben, wenn in die Formeln ein Korrekturfaktor aufgenommen wird. Der den Bau des außerhalb des Lagers liegenden Gebiets widerspiegelnde Korrekturfaktor kann, streng genommen, auch nicht konstant sein. Doch die

zur Zeit verfügbaren Daten sprechen dafür, daß er für eine Reihe von Lagern als konstant angesehen werden kann. So wurde z. B. in einer der produktiven Schichten der Erdöllagerstätte von Sokolowogorsk während einer fünfjährigen Beobachtungszeit festgestellt, daß der Druck in der Schicht gleichmäßig 10,7 mal schneller fällt, als sich aus den Berechnungen nach den Formeln für den elastischen Zustand einer unendlich ausgedehnten Schicht ergibt.

Daher empfiehlt es sich, alle Besonderheiten der realen Schicht dadurch zu berücksichtigen, daß ein konstanter Faktor bestimmt und in die Rechnung nach den Formeln für eine unendliche ausgedehnte Schicht aufgenommen wird (bezeichnen wir ihn als Faktor  $z$ ). Er soll nicht nur alle Fehler bei der Ermittlung der Schichtenparameter, sondern auch die übrigen Faktoren berücksichtigen, die den Zuflußcharakter der Flüssigkeit zum Lager beeinflussen, das bei elastischem Regime ausgebeutet wird (tektonische Abschirmungen der verschiedensten Art u. a.).

Betrachten wir die Ermittlung des Faktors  $z$  für den Fall, daß das Lager eine solche Größe hat, bei der man die elastischen Eigenschaften der Schicht im Bereich des Lagerfeldes vernachlässigen kann. In diesem Fall ist die Ausnutzung der Angaben der Isobarenkarten vorzuziehen. Nehmen wir an, daß sich die Schicht, zu der das Lager gehört, über eine beträchtliche Fläche erstreckt. Das Lager möge eine kreisähnliche Form haben.

Wir umgrenzen das Lager bedingt mit einem Umriß, der in der Nähe des Wasser-Erdöl-Kontakts verläuft. Diesen bedingten Umriß betrachten wir als Wandung eines vergrößerten Bohrloches, dessen Produktionsrate in einem beliebigen Augenblick der Gesamtrate des Lagers gleich ist. Als bedingter Umriß wird am bequemsten eine Isobare genommen, in der das ganze Bohrsystem für die Förderung aus dem Lager liegt.

Der Druckabfall zum Zeitpunkt  $t$  am bedingten Umriß kann aus folgender Beziehung ermittelt werden:

$$\Delta p_t = - \frac{z \cdot \mu}{4 \pi k h} \sum \Delta Q_i \cdot E_i \left( - \frac{R^2}{4 \kappa (t - t_i)} \right) \quad (5)$$

$p_t$  = Druckabfall (in at) auf dem bedingten Umriß zum Zeitpunkt  $t$ , gerechnet von Beginn der Förderung an;

$\Delta Q_i$  = Änderung der Rate (in  $\text{cm}^3/\text{s}$ ) zum Zeitpunkt  $t_i$ , (gerechnet von Beginn der Förderung an) unter Schichtverhältnissen. (Bei Zunahme der Rate wird  $\Delta Q_i$  mit positivem, bei Abnahme mit negativem Vorzeichen eingesetzt);

$R$  = Radius des bedingten Umrisses, auf dem der Druckabfall festgestellt wird, in cm;

$\kappa$  = Koeffizient der Piezoleitfähigkeit, in  $\text{cm}^2/\text{s}$ ;

Die übrigen Bezeichnungen sind die gleichen wie früher. Lösen wir die Gleichung (5) nach  $z$  auf, so erhalten wir

$$z = \frac{\Delta p_t \cdot 4 \pi k h}{\mu \sum \Delta Q_i E_i \left( - \frac{R^2}{4 \kappa (t - t_i)} \right)} \quad (6)$$

Die Isobarenkarte, die hierbei benutzt wird, muß für das Datum konstruiert sein, das dem Zeitpunkt  $t$  entspricht.



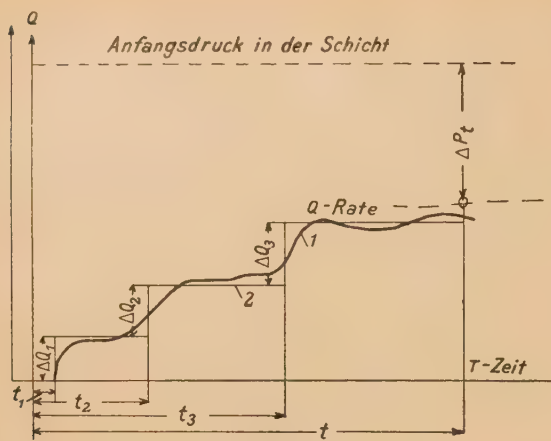


Abb. 3

a) Anfangsdruck in der Schicht; b)  $Q$  = Rate; c)  $T$  = Zeit.

Der Radius des bedingten Umrisses wird als Radius des Kreises bestimmt, der den gleichen Flächeninhalt hat wie die von der gewählten Isobare umgrenzte Figur:

$$R = \sqrt{\frac{F}{\pi}}$$

$F$  = Flächeninhalt der von der gewählten Isobare umgrenzten Figur.

Die Größe  $\Delta p_t$  in Formel (6) findet man aus der Beziehung

$$\Delta p_t = p_{anf} - p_{ftd}$$

$p_{anf}$  = reduzierter anfänglicher Schichtdruck in at;

$p_{ftd}$  = (reduzierter) Druck auf der zum Zeitpunkt  $t$  ausgewählten Isobare in at.

Zur Veranschaulichung des beschriebenen Verfahrens zur Ermittlung des Faktors  $z$  betrachten wir ein Beispiel (in allgemeiner Form).

In der graph. Darstellung (Abb. 3) sind die Angaben über die Änderung der Rate und des Drucks eingetragen. Die tatsächliche Änderung der Rate wird durch die Kurve 1 dargestellt, die berechnete in Form der treppenartigen Kurve 2.

Für diese Angaben ist

$$z = \frac{\Delta p_t \cdot 4 \pi k h}{-\mu \left[ \Delta Q_1 \cdot \text{Ei} \left( -\frac{R^2}{4 \pi (t - t_1)} \right) + \Delta Q_2 \cdot \text{Ei} \left( -\frac{R^2}{4 \pi (t - t_2)} \right) + \Delta Q_3 \cdot \text{Ei} \left( -\frac{R^2}{4 \pi (t - t_3)} \right) \right]}$$

Zur Erreichung einer Konstanz des Faktors  $z$  muß die Berechnung an mehreren Tagen durchgeführt werden.

Wenn 
$$\frac{R^2}{4 \pi (t - t_3)} \leq 0,1$$

kann man bekanntlich die Annäherungsformel benutzen:

$$z = \frac{\Delta p_t \cdot 4 \pi k h}{\mu \left[ \Delta Q_1 \ln \frac{2,25 \pi (t - t_1)}{R^2} + \Delta Q_2 \ln \frac{2,25 \pi (t - t_2)}{R^2} + \Delta Q_3 \ln \frac{2,25 \pi (t - t_3)}{R^2} \right]}$$

Abschließend muß noch bemerkt werden, daß die angeführten Aufgaben nicht alle Möglichkeiten der Ausnutzung von Isobarenkarten ausschöpfen.

## Zur Methodik der hydrogeologischen Spezialkartierung im Flachland

Von K. HRABOWSKI, Berlin

### Einleitung

Ein wichtiger, bisher leider viel zuwenig beachteter Zweig der hydrogeologischen Forschung ist die kartenmäßige Bearbeitung der Grundwasserverhältnisse. In den vielen bisher erschienenen Arbeiten über Grundwasserkarten wird immer wieder verlangt, daß in einer hydrogeologischen Kartierung Aussagen über die Lage des Grundwasserspiegels, die Qualität und die Menge des Wassers gemacht werden müssen. Wohl die weitestgehenden Forderungen stellt NÖHRING (1). Er verlangt für die hydrogeologische Spezialkarte Isohypsenpläne<sup>1)</sup> mit Angabe des Schwankungsbereichs des Grundwassers, die Lage der Sohlschicht, Gleichen des unterirdischen Abflusses mit Angabe des Schwankungsbereiches, Gleichen der Durchlässigkeit, der chemischen Gehalte sowie Isothermen. Bei gespannten Grundwässern ist außerdem die Lage der Deck- und der Druckschicht anzugeben. Selbstredend können solche Karten, wie auch von NÖHRING selbst gesagt wird, nur in den seltensten Fällen angefertigt werden.

Einen Überblick über die bisherigen Arbeiten gibt die Schrift von VOGT (2). Es sei deshalb in diesem Aufsatz nur auf die wichtigsten Entwürfe hydrogeologischer Karten eingegangen.

<sup>1)</sup> Nach der DIN 4049 werden die Isohypsenpläne als Grundwasserhöhenpläne bezeichnet.

### Beispiele hydrogeologischer Karten

In Westdeutschland werden seit einigen Jahren systematisch hydrogeologische Karten im Maßstab 1:500000 für das Gesamtgebiet der Bundesrepublik vom Hydrogeologischen Arbeitskreis unter Leitung von R. GRAHMANN (3) angefertigt. Der Mangel dieser Karten liegt in ihrem Maßstab begründet. Konkrete Angaben für einen bestimmten Punkt können nicht aus der Karte entnommen werden. Sie stellt im wesentlichen eine Umdeutung der generellen geologischen Verhältnisse dar. Zweifellos sind bereits derartige Karten für die Wirtschaft von Wichtigkeit, jedoch sind daneben Spezialkarten, die sich an den Maßstab der geologischen Karte anlehnen sollten, unentbehrlich. Erst sie geben dem projektierenden Ingenieur Antwort auf die vielfältigen Fragen, die er an den Geologen über das Vorhandensein von Grundwasser, seine Qualität und Ergiebigkeit stellt. Auch für den Bauingenieur ist die Kenntnis der Grundwasserstände für die Charakterisierung des Baugrundes notwendig.

Eine hydrogeologische Spezialkarte des Niederrheingebietes im Maßstab 1:25000 wurde von BREDDIN (4) vorgelegt. Leider ist sie für irgendwelche wirtschaftlichen Belange kaum von Wert. Eine Profilkarte, die Profile im Abstand von 1 km zeigt, unterscheidet zwischen grundwasserfreiem Gebirge, grundwasserführendem Ge-



birge und Wasserstauern. Angaben über die Ergiebigkeit werden nur relativ (ergiebig, mäßig ergiebig und wenig ergiebig Grundwasserleiter) gemacht. Über den Chemismus des Grundwassers wird nichts ausgesagt. Der Grundwasserstand ist in Mittelwerten in die Profile eingetragen. Die Spiegelschwankungen werden in der Karte nicht berücksichtigt.

Für die Arbeit des Verfassers und seiner Mitarbeiter war die Vorarbeit A. GIESSLERS, besonders das unter seiner Leitung angefertigte hydrogeologische Kartenwerk der DDR im Maßstab 1:200000 (5) von großer Bedeutung. Hier werden die Grundwasserverhältnisse auf verschiedenen Einzelkarten zur Darstellung gebracht. Die erste Karte zeigt die Lage des Grundwasserspiegels in den Stufen 5 bis 10 m, 10 bis 20 m, 20 bis 50 m und 50 bis 100 m. Punktförmige Angaben über das Vorhandensein von gespanntem und artesischem Wasser werden gemacht. Die einzelnen Stufen werden durch verschiedene übereinanderliegende Schraffuren angegeben. Leider sind in dieser Arbeit keine Isohypsendarstellungen vorhanden, so daß der Wert dieser Karte ohne große Bedeutung für die Wirtschaft ist. Drei Karten dieses Kartenwerkes beschäftigen sich mit dem Grundwasserchemismus. Es werden die Gesamt- und permanente Härte, der Mangan-, Eisen- und Chloridgehalt in vier Stufen dargestellt. Eine Ergiebigkeitskarte macht Angaben über Entnahmemengen von Brunnen und teilweise auch von den sich ergebenden Absenkungsbeträgen. Daraus wurde dann der Einheitsergiebigkeitswert ermittelt. Da für die Arbeit im wesentlichen nur die Unterlagen der Wasserwerke berücksichtigt werden konnten, sind alle Angaben der chemischen Karten und der Ergiebigkeitskarte nur punktförmig vorhanden.

Als beste Übersichtskarte muß zweifellos die Arbeit von HECK (6) über die Grundwasserverhältnisse von Schleswig-Holstein im Maßstab 1:500000 angesehen werden. Auf verschiedenen Einzelkarten werden die Lage des Grundwasserspiegels, die Salzwasserbereiche, der Eisengehalt des Wassers, die Härte sowie die Entnahmemengen der Wasserwerke dargestellt. Leider werden keine Angaben über die Ergiebigkeit der Stockwerke gemacht.

Über sowjetische Karten, die für die Entwicklung der Methodik der hydrogeologischen Kartierung eine große Hilfe wären, kann nicht berichtet werden. Arbeiten dieser Art waren dem Verfasser nicht zugänglich.

#### *Die Karten der Staatlichen Geologischen Kommission*

Aufbauend auf den erwähnten Arbeiten wurde erstmalig im Jahre 1954 von der Abteilung Hydrogeologie der Staatlichen Geologischen Kommission versucht, durch die Kartierung eines Meßtischblattes mit der Erarbeitung einer Methodik für die hydrogeologische Spezialkartierung im Maßstab 1:25000 zu beginnen. An den Arbeiten waren neben dem Verfasser Ing. FITZNER und Geologe GÜRGENS sowie für die chemischen Arbeiten die Chemotechnikerin MASCHER beschäftigt. Ihnen sei an dieser Stelle der Dank des Verfassers für ihre ausgezeichnete Arbeit gesagt.

Als erstes zu kartierendes Gebiet wurde das Meßtischblatt Torgau-Ost (7) ausgewählt. Es liegt im Bereich des Magedeburger Urstromtals. Die geologischen Verhältnisse in diesem Gebiet sind oberflächlich recht einfach. Im Jahre 1955 wurde mit der Bearbeitung des Meßtischblattes Senftenberg (8) begonnen, die im Früh-

jahr 1956 abgeschlossen werden konnte. Z. Zt. werden die Geländearbeiten für das Meßtischblatt Sägard auf Rügen ausgewertet.

Die Wahl der Darstellungsart für die hydrogeologische Kartierung ist mit gewissen Schwierigkeiten verbunden. Während bei der geologischen Karte die auszuweisenden Einheiten nebeneinander auftreten, liegen sie bei der hydrogeologischen Karte unter-, ja meist sogar ineinander. Aus diesem Grunde werden, um lesbare Karten zu schaffen, verschiedene Einzelkarten benötigt. Da es sich oft als notwendig erweist, die Angaben der verschiedenen Karten miteinander zu kombinieren, wurden die Blätter auf durchsichtigem Klarzell gezeichnet. Es besteht dadurch einmal die Möglichkeit, die Karten zur Deckung zu bringen und zum anderen sie lichtzupausen.

Leider waren in keinem Fall im Archiv der Staatlichen Geologischen Kommission genügend Unterlagen für die Kartierung vorhanden. Es machte sich deshalb notwendig, die in dem entsprechenden Gebiet arbeitenden Brunnenbauer und Bohrunternehmer aufzusuchen, um von ihnen noch zusätzliches Material zu erhalten. In bezug auf die Schichtenverzeichnisse treten dadurch oft Deutungsschwierigkeiten auf, da bekannterweise das gleiche Gestein von den verschiedenen Bohrmeistern unterschiedlich angesprochen wird. Die Exaktheit der Karte muß natürlich darunter leiden, jedoch muß diese Ungenauigkeit wegen des nur geringen geologisch bearbeiteten Materials in Kauf genommen werden. Eine stratigraphische Gliederung wurde deshalb bei den bisher bearbeiteten Karten nicht vorgenommen. Es sei noch darauf hingewiesen, daß sich eine hydrogeologische Karte selbstverständlich nur dort anfertigen läßt, wo bereits die geologische Spezialkarte vorliegt.

Leider ist im Bereich der DDR nur eine unzureichende Anzahl von Grundwasserpegeln vorhanden, so daß bei der Bearbeitung meist auf Wirtschaftsbrunnen zurückgegriffen werden muß. Dabei kommt es darauf an, zu erkunden, aus welchem Stockwerk das Grundwasser entnommen wird. Dies kann durch die Messung der Brunnen-tiefe geschehen, oder besser durch eine Auswertung des Schichtenverzeichnisses und des Ausbauplans. Brunnen, die ihr Wasser mehreren Stockwerken entnehmen, müssen für die hydrogeologische Kartierung in jedem Fall ausfallen.

Für eine hydrogeologische Kartierung sind folgende Einzelkarten notwendig:

1. Bohrkarte,
2. Profilkarte,
3. Isohypsenpläne,
4. Hydrochemische Karten,
5. Ergiebigkeitskarte.

Treten in einem Gebiet mehrere Grundwasserstockwerke auf, dann sind die unter 3. bis 5. genannten Karten für jedes Stockwerk einzeln anzufertigen. Neben den genannten Karten können in den verschiedenen Gebieten noch Spezialkarten, wie Wasserversorgungs-, Abwasser-, Niederschlags-, Differenzkarten und andere notwendig werden. Im folgenden soll die von der Abteilung Hydrogeologie der Staatlichen Geologischen Kommission angewandte Methode bei der Erarbeitung der verschiedenen Einzelkarten beschrieben werden.

1. Die Bohrkarte zeigt die Lage der in irgendeiner Weise für die Kartierung benutzten Bohrungen und



Brunnen. Auf ihr ist zu vermerken, ob an der entsprechenden Stelle der Schichtenaufbau, die Lage des Grundwasserspiegels, der Grundwasserchemismus oder die Ertragsfähigkeit bekannt ist. Die Bohrungen sind fortlaufend zu nummerieren. Die genauen Daten finden sich in den Erläuterungen in einer Tabelle unter der gleichen Nummer.

2. Die Profilkarte (Abb. 1) zeigt entweder als Säulenprofile oder in Profilvereinen die in den Bohrungen angetroffenen petrographischen, wenn möglich auch die stratigraphischen Verhältnisse. Im Flachland sollte zwischen folgenden Lockergesteinen unterschieden werden: Feinsand bis Mittelsand, Grobsand bis Kies, Schluff (nur wenn in Schichten von größerer Mächtigkeit vorhanden), Ton und tonige Gesteine wie Aulehm usw., Geschiebemergel, Braunkohle, Torf und Aufschüttungsböden. Eine weitergehende Unterteilung der sandig-kiesigen Gesteine ist wegen des starken Wechsels der petrographischen Fazies nicht zu empfehlen. Die Lage des Wasserspiegels sollte möglichst angegeben werden. Dort, wo sehr starke jahreszeitliche Schwankungen auftreten oder eine noch vor sich gehende künstliche Beeinflussung des Grundwasserspiegels vorhanden ist, sollte man allerdings, um Unklarheiten zu vermeiden, auf alle Fälle von der Darstellung der Grundwasserhöhe in den Profilen absehen. Werden die einzelnen Bohrungen zu Profilen verbunden, so sollte der besseren Übersicht wegen die Überhöhung nie mehr als das 10fache betragen.

3. Die Isohypsenpläne (Abb. 2, u. 3)<sup>2)</sup> sind die wichtigsten Einzelkarten eines hydrogeologischen Kartenwerks. Es sollten zumindest vom Frühjahr und vom Herbst je ein Isohypsenplan angefertigt werden, um die

<sup>2)</sup> Es wurden die Isohypsenpläne für die Jahre 1930 und 1937 in dieser Arbeit zur Darstellung gebracht, weil für diese beiden Jahre gleichzeitig eine Differenzkarte vorhanden ist und sie im Gegensatz zu neueren Karten in dem verkleinerten Ausschnitt mehr Einzelheiten zeigen.

jahreszeitlichen Schwankungen des Grundwasserspiegels aufzuzeigen. Dies kann entfallen, wenn durch eine künstliche Beeinflussung diese Schwankungen so stark überdeckt werden, daß sie nicht mehr erkennbar sind, wie es im Falle der Kartierung Senftenberg zu beobachten war. In diesem Fall müssen allerdings mehrere Isohypsenkarten gezeichnet werden, die die Veränderungen des Grundwasserstandes kennzeichnen. Bei starken Absenkungen empfiehlt sich die Anfertigung von Differenzkarten (Abb. 4), die die Differenz des Grundwasserstandes zwischen verschiedenen Jahren zeigen. Sie lassen die Zentren der Absenkung und die Ausdehnung der Senkungstrichter weitaus besser erkennen als die Isohypsenpläne.

Bei der Bearbeitung des Raumes Torgau wurde neben der Isohypsenkarte auch eine Grundwasserstandskarte, besser Flurabstandskarte konstruiert, die den absoluten Grundwasserstand unter Flur darstellt. Diese Karten haben vor allem eine Bedeutung für den Bauingenieur und den Landwirt. Da jedoch bei der ingenieurgeologischen Kartierung solche Karten gefordert werden müssen, sollte von Fall zu Fall entschieden werden, ob sie auch in einem hydrogeologischen Kartenwerk vonnöten sind.

4. Man kommt im allgemeinen mit nur einer chemischen Karte nicht aus. Bei den Arbeiten der Abteilung Hydrogeologie der Staatlichen Geologischen Kommission wurden jeweils 3 derartige Karten gezeichnet, von denen die eine die Werte für die Gesamt- und die permanente Härte, die zweite die Eisen- und Mangangehalte und die dritte die Chloridgehalte angibt. Das Vorhandensein von aggressiver Kohlensäure wird ebenfalls angegeben. Wie bei dem erwähnten Kartenwerk der DDR wurde auch hier zwischen jeweils 4 Stufen unterschieden. Die Größe dieser Stufen ist von Fall zu Fall verschieden. Besonders macht sich dies beim Chloridgehalt bemerkbar. Es ist

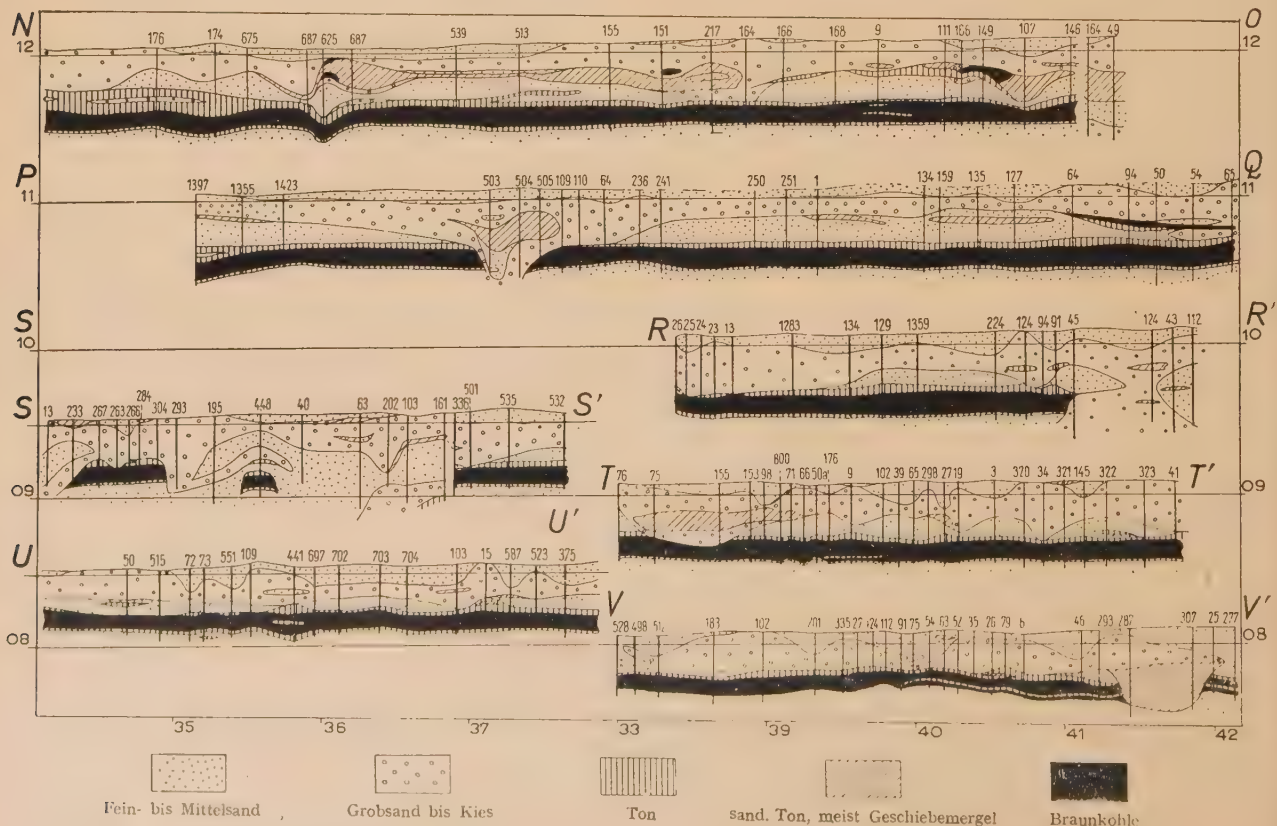
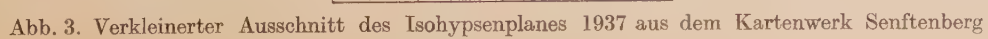
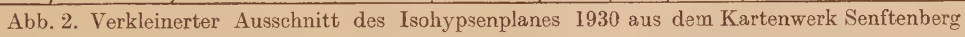


Abb. 1. Verkleinerter Ausschnitt der Profilkarte aus dem Kartenwerk Senftenberg







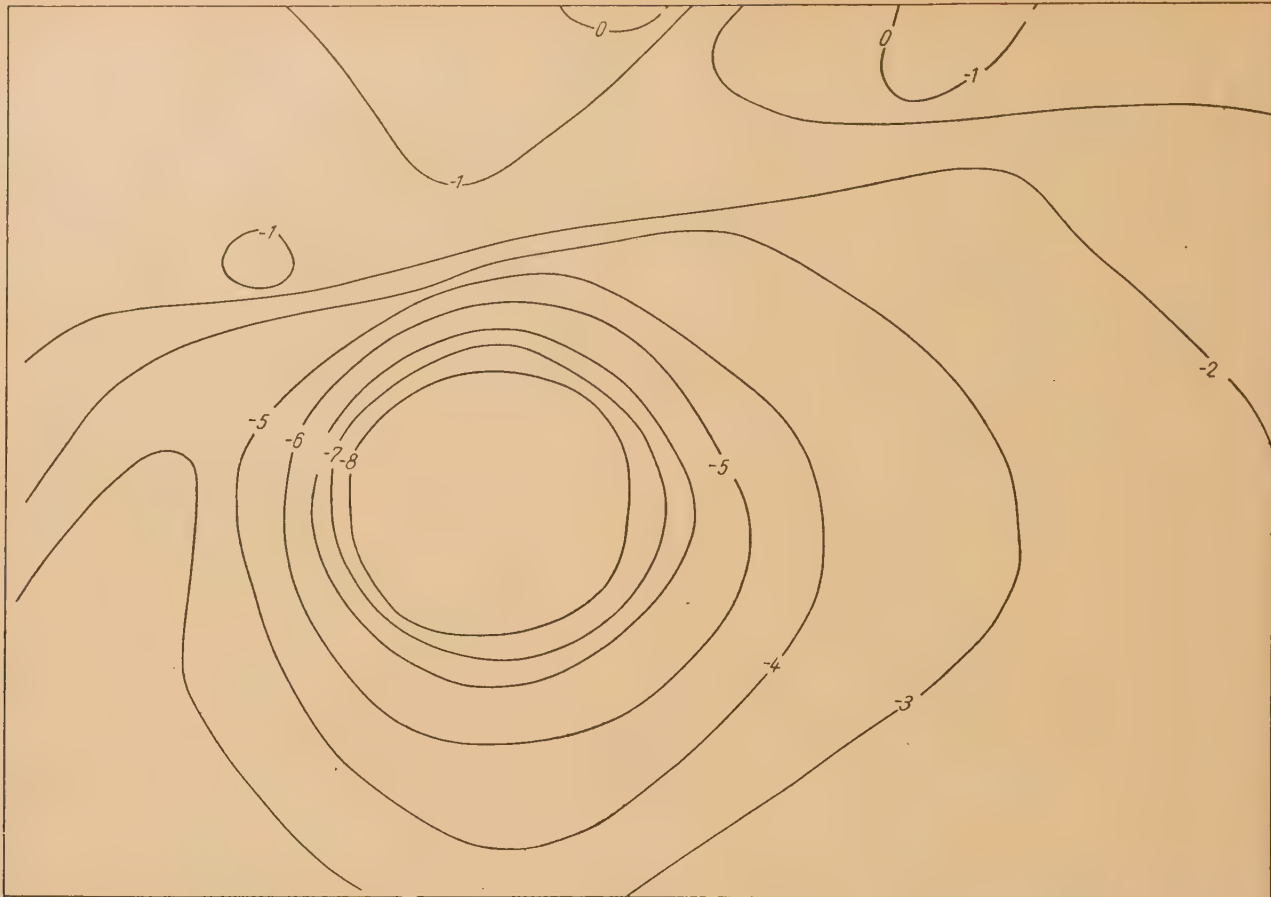


Abb. 4. Verkleinerter Ausschnitt der Differenzkarte 1930–1937 aus dem Kartenwerk Senftenberg, diese Karte zeigt den gleichen Ausschnitt wie die Abb. 2 und 3

unbedingt notwendig, die für die Kartierung benötigten Analysenproben in einem möglichst kurzen Zeitraum zu nehmen, da bekanntermaßen der Chemismus Änderungen unterworfen ist. Aus diesem Grund können die Angaben über die Gehalte auch nur größenordnungsmäßige Aussagen bedeuten. Weiterhin sei erwähnt, daß die Bestimmungen des  $p_H$ -Wertes, der Härte und des Chloridgehaltes möglichst im Gelände zu erfolgen haben. Der Chloridgehalt, besonders des oberen, nicht abgedeckten Grundwasserstockwerks, ist sowohl von der natürlichen als auch von der künstlichen Düngung abhängig. Sind in dem kartierten Gebiet Oberflächengewässer vorhanden, darf nicht versäumt werden, aus ihnen Proben für Vergleichsanalysen zu nehmen. Werden in die Vorfluter oder gar in den Untergrund größere Abwassermengen eingeleitet, so ist eine Abwasserkarte zur Ergänzung der chemischen Karten unbedingt erforderlich. Sie soll die Abwasserlieferanten, die Einleitungsstellen und die eingeleiteten Abwassermengen angeben. Den Erläuterungen sind Abwasseranalysen beizufügen. Aus diesen Betrachtungen lassen sich oft schwer erklärbare Abweichungen vom generellen hydrochemischen Bild deuten. Es wird im allgemeinen nicht möglich sein, Linien gleicher Gehalte zu zeichnen, da der Grundwasserchemismus von der petrographischen Ausbildung des Grundwasserleiters abhängig ist und mit ihm stark wechselt.

5. Die Ergiebigkeitskarte wirft von allen Karten die meisten Probleme auf. Es muß eingangs geklärt werden, was überhaupt zur Darstellung gelangen soll. Nicht angängig ist es, nur die Entnahmemengen von Brunnen und Wasserwerken für die Karte zugrunde zu

legen, wie es in verschiedenen Fällen, beispielsweise auch bei HECK (6) getan wurde. Bei einer solchen Darstellung zeigt es sich, daß die höchsten Werte immer dort auftreten, wo größere Städte oder Industrieanlagen liegen. Es wird also mit diesen Zahlen nichts Spezifisches über den Grundwasserleiter ausgesagt. Zweifellos wäre es am besten, die Grundwasserspende, die die Dimensionen  $l/s/km^2$  hat, auszuweisen. Dafür sind jedoch umfangreiche Wasserhaushaltsberechnungen mit längeren Beobachtungsreihen erforderlich, die weit über den Rahmen einer hydrogeologischen Kartierung hinausgehen. Den Durchlässigkeitsbeiwert, der Rückschlüsse auf die mögliche Entnahmemenge zuläßt, der Karte zugrunde zu legen, verbietet sich ebenfalls wegen der notwendigen, sehr kostspieligen Pumpversuche. Aus diesem Grunde entschlossen sich der Verfasser und seine Mitarbeiter zur Darstellung des Einheitsergiebigkeitswertes ( $l/s/m$ ), der zwar keine Vergleiche über große Gebiete zuläßt, jedoch für den Bereich eines Meßtischblattes durchaus brauchbare Bezugswerte liefert. Der Einheitsergiebigkeitswert ist vom Ausbau des Brunnens abhängig. Deshalb ist es zu seiner Feststellung notwendig, diesen genau zu kennen. Am besten wäre es zweifellos, Pumpversuche anzustellen, bei denen die äußeren Bedingungen vollkommen gleich sind. Im Falle des Meßtischblattes Torgau-Ost konnte der Einheitsergiebigkeitswert für einen Teil des Gebiets flächenmäßig dargestellt werden. Später in diesem Gebiet niedergebrachte Bohrungen bestätigten die auf der Karte angegebenen Werte. Die Durchführung der Pumpversuche zur Ermittlung der Einheitsergiebigkeit läßt sich meist in Zusammenarbeit mit der Feuerwehr organisieren, die selbst an der Über-



prüfung der Brunnen auf ihre Zuverlässigkeit bei Löscharbeiten interessiert ist. Voraussetzung ist dazu natürlich, daß der Grundwasserspiegel während des Pumpens gemessen werden kann und nicht tief liegt, da die Feuerlöschpumpen nur eine Förderhöhe von etwa 7 m haben.

In den Fällen, wo ein großes Gebiet zentral mit Wasser versorgt wird, sollte eine Wasserversorgungskarte die Wasserwerke und die von ihnen versorgten Gemeinden angeben. In einigen Fällen wird diese Karte an die Stelle der Ergiebigkeitskarte treten müssen, wie es z. B. bei dem Meßtischblatt Senftenberg der Fall war. Für diese Karte und die Abwasserkarte wurden von den Mitarbeitern der Abteilung Hydrogeologie die Darstellungsnormen nach KALWEIT (9) benutzt.

Um den Umfang der Arbeiten zu zeigen, seien die Einzelkarten aufgezählt, die bei den beiden Kartierungen der Staatlichen Geologischen Kommission angefertigt wurden. Im Fall Torgau sind es 1 Bohrkarte, 1 Profilkarte, 1 Flurabstandskarte, 1 Isohypsenplan, 3 chemische Karten sowie 1 Ergiebigkeitskarte. Für Senftenberg wurden folgende Karten angefertigt: 1 Bohrkarte, 1 Profilkarte, 2 Pegelkarten für die Jahre 1925—1933 und 1933—1955 (diese wurden notwendig, weil im Laufe der Zeit die Pegel z. T. versetzt wurden, jedoch die gleiche Nummer behielten), 12 Isohypsenkarten (für die Jahre 1925, 1927, 1928, 1930, 1931, 1933, 1937, 1939, 1950, 1952, 1953 und 1955), 6 Differenzkarten (1925—1930, 1930—1937, 1930—1955, 1933—1955, 1937—1955 und 1952—1955), 3 chemische Karten, 1 Wasserversorgungskarte und 1 Abwasserkarte. Für Senftenberg wurden aus etwa 20000 Schichtenverzeichnissen 2000 ausgewählt, die für die Kartierung dann ausgewertet wurden. In die Profilkarte, die Profilvereihen im Abstand von 1 km zeigt, wurden etwa 350 Bohrungen eingetragen.

#### Die Erläuterungen

Zur Kartierung gehört ein (mehr oder minder umfangreicher) Erläuterungsband. Er soll folgende Kapitel enthalten:

Überblick über die Geologie des weiteren Gebietes,  
Geologie des kartierten Gebietes,  
Morphologie,  
Hydrographie,  
Klimatisch-meteorologische Übersicht,  
Darstellung der hydrogeologischen Verhältnisse mit Erläuterung der Einzelkarten,  
Wasserwirtschaftliche Folgerungen.

Hinzu kommen als Anhang die tabellarischen Darstellungen der Brunnendaten sowie die Analysen. Die Unterlagen für die klimatischen Betrachtungen können dem Klimaatlas der DDR (10) entnommen werden. Die meteorologischen Werte der letzten Jahre (Niederschlag, relative Feuchtigkeit, Temperatur und Luftdruck) können bei den meteorologischen Stationen beschafft werden. Sie sollten auf alle Fälle im Anhang erscheinen.

#### Schlußbemerkungen

Die wichtigste Erkenntnis, die aus den bisherigen Ergebnissen gewonnen werden konnte, besteht darin, daß die Schwerpunkte der Kartierung in den verschiedenen Gebieten unterschiedlich sind. War es im Falle Torgau die Ergiebigkeit, die in diesem Gebiet, in dem die Wasserwerke des Elbaue-Projektes vorgesehen sind, von größtem Interesse ist, so haben im Senftenberger Raum die Isohypsenpläne und die Differenzkarten die größte Bedeutung. Auf Rügen gilt es vor allem, neben der Er-

giebigkeit die Einflüsse von Ostsee und Bodden auf den Grundwasserchemismus festzustellen. Aus diesem Grund wird im Flachland kein einheitliches Schema für die hydrogeologische Spezialkartierung möglich sein.

Für die hydrogeologische Kartierung im Rahmen der vorgesehenen geologischen Komplexkartierung ist natürlich nicht ein solcher Aufwand möglich, wie er hier beschrieben wurde. Es sollte je ein Isohypsenplan für Frühjahr und Herbst auf einer Karte vereinigt werden. Die chemischen Angaben sollen in der Art, wie UDLUFT (11) sie für Mineralwässer vorschlägt, dargestellt werden. Ergiebigkeitszahlen werden an den Lagepunkt der Bohrungen gesetzt. Die letztgenannten Werte sowie die Analysen sollen ebenfalls auf der Isohypsenkarte oder auf einer kleinmaßstäblichen Karte in den Erläuterungen zur Darstellung kommen. Für die systematische Kartierung müssen unbedingt Bohrgeräte eingesetzt werden, die mit einer Pumpe ausgerüstet sind, um die notwendigen Pumpversuche sofort anstellen zu können.

Die Abteilung Hydrogeologie wird sich nach Fertigstellung der Kartierung Sagard mit der Methodik der hydrogeologischen Spezialkartierung im Gebirgsland beschäftigen. Weiterhin sollen Versuche über die Anwendung radioaktiver Isotope sowie geophysikalischer Methoden bei hydrogeologischen Kartierungsarbeiten angestellt werden.

Die Ergebnisse der bisher bearbeiteten Meßtischblätter sollen in absehbarer Zeit an anderer Stelle veröffentlicht werden.

#### Zusammenfassung

Anhand der bisher von der Abteilung Hydrogeologie der Staatlichen Geologischen Kommission kartierten Meßtischblätter Torgau-Ost und Senftenberg werden Ausführungen über die Methodik der hydrogeologischen Spezialkartierung im Flachland gemacht. Für ein hydrogeologisches Kartenwerk werden folgende Einzelkarten verlangt:

1. Bohrkarte,
2. Profilkarte,
3. Isohypsenpläne,
4. Hydrochemische Karten,
5. Ergiebigkeitskarten.

Für die hydrogeologischen Arbeiten im Rahmen der geologischen Komplexkartierung werden Vorschläge gemacht.

#### Literatur

1. NÖHRING, F.: Grundsätzliches betreffend hydrogeologische Karten. — Zt. deutsch. geol. Ges. **101** (1949), 2, S. 222—229.
2. VOGT, G.: Grundwasserkartierung — Geschichte und Entwicklung. — Berlin 1954, VEB Verlag Technik.
3. Hydrogeologische Übersichtskarte 1 : 500 000, herausgegeben vom Bundesministerium für Wirtschaft, Hydrogeologischer Arbeitskreis, Bundesanstalt für Landeskunde, Remagen.
4. BREDDIN, H.: Ein neuartiges hydrogeologisches Kartenwerk für die südliche Niederrheinische Bucht. — Zt. deutsch. geol. Ges. **106** (1954) 1, S. 94—112.
5. Staatliche Geologische Kommission: Hydrogeologisches Kartenwerk der DDR 1 : 200 000 in 5 Teilen, unveröffentlicht. Bei der Abteilung Hydrogeologie der Staatlichen Geologischen Kommission.
6. HECK, H.-L.: Grundwasseratlas von Schleswig-Holstein 1 : 500 000. — Hamburg 1948, Mundus Geogr.-kartogr.-Anstalt.
7. FITZNER, E., GÜRGENS, W. & K. HRABOWSKI: Entwurf zur hydrogeologischen Karte, Meßtischblatt Torgau-Ost, unveröffentlicht. Bei der Abt. Hydrogeol. der Staatl. Geol. Komm.
8. — Entwurf zur hydrogeologischen Karte, Meßtischblatt Senftenberg, unveröffentlicht. Bei der Abt. Hydrogeol. der Staatl. Geol. Komm.
9. KALWEIT, H.: Wasserwirtschaftliche Perspektivplanung, Bd. II. Richtlinien und methodische Anweisungen. — Berlin 1954, VEB Verlag Technik.
10. Meteorologisch-Hydrologischer Dienst: Klimaatlas für das Gebiet der DDR. — Berlin 1953, Akademie-Verlag.
11. UDLUFT, H.: Analysenschaubilder als Hilfsmittel für die geohydrologische Auswertung von (einigen hessischen) Mineral- und Heilwässern. — Zt. deutsch. geol. Ges. **106** (1954) 1, S. 49 bis 52.



# Über einige ergänzende Untersuchungen bei der Erkundung von Kohlenlagerstätten<sup>1)</sup>

Von S. P. WASSILJEW, Moskauer Berginstitut „Stalin“

Bekanntlich bildet eine eingehende Erkundung das Abschlußstadium der allseitigen Untersuchung der Lagerungsverhältnisse von Kohlenflözen, ihrer Mächtigkeit, Oberflächengestaltung, Form und Qualität sowie der lithologischen Zusammensetzung der Nebengesteine, der Beurteilung der Wasserverhältnisse in der Lagerstätte und ihrer tektonischen Störungen. Die Ergebnisse der eingehenden Erkundung werden dem technischen Projekt zum Abbau der Lagerstätte zugrunde gelegt und bestimmen in erheblichem Maß die zweckmäßige Lösung einer Reihe von wichtigen Fragen im bergbaulichen Teil des Projekts im voraus (z. B. die Wahl des rationellsten Abbaufahrens, die Bestimmung der Ansatzpunkte von Schächten, die Richtung der Hauptgrubenbaue usw.).

Zugleich zeigen die beim Abbau von Kohlenlagerstätten gesammelten Erfahrungen, daß man für die Erkennung, Erklärung und Vorhersage gewisser beim Abbau der Lagerstätten zu beobachtender Erscheinungen eine Reihe zusätzlicher Unterlagen benötigt; es wäre sehr günstig, wenn man über diese Unterlagen noch vor Beginn von Projektierung und Abbau verfügen könnte (noch während der eingehenden Erkundung und der Auswertung der Ergebnisse). Dazu kann man in erster Linie plötzliche Gasausbrüche und Kohlenstaubexplosionen, Einpressungen toniger Gesteine und die Selbstentzündlichkeit der Kohle rechnen.

Nach den Vorstellungen, die wir heute von der Natur und dem Mechanismus plötzlicher Ausbrüche von Kohle und Gas haben, bildet der Gebirgsdruck der Gesteine den Hauptfaktor, der einen Ausbruch auslöst; er bewirkt und verstärkt in der Abbauzone des Kohlenmassivs das Abplatzen und die Zerkleinerung der Kohle und fördert damit das Freiwerden (die Desorption) des Gases, welches die dynamische Wirkung des plötzlichen Ausbruches erzeugt und verstärkt.

Die Bedeutung der geologischen Faktoren dagegen — außer den tektonischen Störungen — liegt vor allem in den strukturellen Verhältnissen und den physikalisch-mechanischen Eigenschaften der Kohlen und Nebengesteine sowie im Bau der Kohlenflöze. So haben poröse, rissige, zerstückelte und gequetschte Kohlen eine größere Gasdurchlässigkeit und Gasabgabe im ersten Augenblick des Ausbruchs und sind infolgedessen gefährlicher als kompakte und ungestört lagernde Kohlen.

Unter natürlichen Bedingungen hängt eine Veränderung der Struktureigentümlichkeiten der Kohlen bekanntlich von ihrer Zusammensetzung, der Einwirkung äußerer Druckkräfte (die bei tektonischen Beanspruchungen auftreten) sowie dem statischen Gebirgsdruck ab. Wir hoben bereits hervor, daß das Auftreten plötzlicher Ausbrüche mit zusätzlichen, verstärkten Veränderungen der Kohlenstruktur in der abbaunahen Zone des Kohlenmassivs zusammenhängt. Folglich beeinflußt die ursprüngliche mechanische Festigkeit wesentlich die Intensität und den Charakter der Zerstückelung und Zerkleinerung der Kohlen in der Nähe des Abbaustoßes.

Es ist offensichtlich, daß an der Flözkante Kohlen geringer Festigkeit unter dem Gebirgsdruck schnell zerbrechen, rissig werden, viel Feingut und Staub liefern und dadurch günstige Voraussetzungen für einen plötzlichen Ausbruch geschaffen werden.

Wenn man daher vorher (vor der Projektierung und dem Abbau der Lagerstätte) über die Kenntnis der physikalisch-mechanischen Eigenschaften der Kohle und ihrer Struktureigentümlichkeiten neben anderen Kennziffern verfügt, so kann man bis zu einem gewissen Grad im voraus die Lagerstätte in Abschnitte und Abbausohlen gliedern, die nach den geologischen Voraussetzungen plötzliche Ausbrüche begünstigen bzw. nicht begünstigen. Daraus folgt, daß man durch detaillierte Untersuchungen am Kernmaterial der Kohlenflöze den Grad der ursprünglichen Makro- und Mikrorissigkeit und der Porosität der Kohlen ermitteln und die mechanische Festigkeit sowie Maß und Charakter der mechanischen Zerstörbarkeit der Kohlen in der Zeit bei konstanter und wechselnder Belastung bestimmen muß.

Wenn Aufbau und Zusammensetzung der Kohlenflöze Unterschiede aufweisen, müssen derartige Untersuchungen selbstverständlich an Material aus den einzelnen Schichtpaketen durchgeführt werden.

Es ist auch bekannt, daß neben den bergbautechnischen Faktoren die physikalisch-mechanischen Eigenschaften der Kohlen eine nicht geringe Rolle bei ihrer Selbstentzündung spielen, wodurch Grubenbrände hervorgerufen werden. Die Erfahrungen beim Abbau von Kohlenlagerstätten zeigen, daß in allen Fällen Grubenbrände nur in Flözen mit gestörten und zerdrückten Kohlen, die viel Feingut liefern, entstehen. Deshalb ist es im gegebenen Fall wünschenswert, neben der petrographischen Zusammensetzung der Kohlen auch ihre Widerstandsfähigkeit gegen Zertrümmerung, ihre Sprödigkeit, Rissigkeit und Porosität zu kennen.

Vorher können auch solche Kennziffern für die Entzündlichkeit der Kohle festgestellt werden, wie der Flammpunkt, der bekanntlich in den selbstentzündlichen Kohlen niedriger liegt, ferner ihr Sauerstoffabsorptionsvermögen. Für die Auswahl der rationellsten Verfahren zur Beherrschung des Hangenden ist bei Abbausystemen, die die Freilegung großer Flächen der Hangendgesteine erforderlich machen, schließlich die Kenntnis der physikalisch-mechanischen Eigenschaften der Nebengesteine von großer Bedeutung. Es ist klar, daß bei richtiger Organisation und planmäßiger Untersuchung der physikalisch-mechanischen Eigenschaften der Kohlen sowie der strukturellen Verhältnisse der Kohlenflöze die Möglichkeit der Zusammenstellung von Spezialkarten nicht ausgeschlossen ist. In diesen Karten könnten solche Eigenschaften in den einzelnen Lagerstätten auf Grund der Untersuchung von Bohrkernmaterial gekennzeichnet werden. Einige Unterlagen können bei der eingehenden Erkundung auch für die Untersuchung und die Vorhersage des Quellens toniger Gesteine gewonnen werden — einer Art der Form-

<sup>1)</sup> Aus „Erkundung und Lagerstättenpflege“ (russisch), Moskau, 1956, Heft 4.



änderung dieser Gesteine, die in vielen Schächten des Donezbeckens weitverbreitet auftritt, ebenso im Moskauer und in vielen anderen Kohlenbecken. Die Natur des Quellens ist gegenwärtig noch nicht völlig erforscht, aber es besteht kein Zweifel, daß neben den hydrogeologischen Verhältnissen und der Mächtigkeit der tonigen Gesteine (die von den Organisationen für geologische Erkundung ermittelt werden) auch andere Faktoren auftreten, deren Einfluß in einer Veränderung der Eigenschaften von Tongesteinen unter bestimmten Bedingungen zum Ausdruck kommt. Beispielsweise ist der Mineralbestand der Tone von Interesse, da er einen Hinweis auf die direkte Abhängigkeit der Quellfaktoren von der Anwesenheit von Mineralien geben kann, die aktiv mit Wasser reagieren. Speziell wurde ermittelt, daß in einzelnen Kohlenlagerstätten die quellbaren Tone Minerale aus der Montmorillonitgruppe enthielten, die stark hydrophil sind. Es wurde ferner festgestellt, daß natrium- und kaliumhaltige Tone die größte Plastizität zeigen und leicht quellen. Es gibt

auch Anzeichen dafür, daß plastische Verformungen für humusreiche Tone, kohlige Tone und Kohlschiefer charakteristischer sind. Schließlich steht der Grad der Gesamtmineralisation der Untertagewässer in direkter Beziehung zur Quellungsintensität: bei Reaktion mit diesen Wässern sinkt die Quellfähigkeit des Tons, während ihre Festigkeit zunimmt.

Es ist offensichtlich, daß eine zusätzliche Untersuchung der Kohlen und ihrer Nebengesteine auf Grund der Ergebnisse eingehender Erkundungen nur auf den Lagerstätten und für die Kohlenflöze vorgenommen werden muß, bei denen die begründete Annahme besteht, daß man später beim Abbau auf verschiedene Erscheinungen stößt, die den Abbau erschweren. Da einige Untersuchungsverfahren eine komplizierte Apparatur erfordern, auch sehr teuer und zeitraubend sind, muß die Frage, welche zusätzlichen Untersuchungen der Kohle und in welchem Umfang sie zweckmäßig bei eingehenden Erkundungen durchgeführt werden sollen, von den Erkundungsorganisationen in Zusammenarbeit mit den Projektorganisationen gelöst werden.

## Die Anwendung radioaktiver „körniger“ Isotope bei der hydraulischen Sprengung von Schichten auf den Feldern der Krasnodarneft<sup>1)</sup>

Von E. W. TESLJUK, Moskau

Die Bestimmung der Lage und der Beschaffenheit der in einer Schicht unter dem Druck der eingepreßten Flüssigkeit gebildeten Spalten ist ein wichtiger Punkt bei der Lösung des Problems der hydraulischen Sprengung. Ursprünglich wurde vorgeschlagen, zur Feststellung des Spaltenverlaufs flüssige radioaktive Isotope (wäßrige Lösungen radioaktiver Salze) zu verwenden. Nach diesem Vorschlag wurde 1954 in der Tatarischen ASSR und in Grosny verfahren. Die praktische Arbeit in den genannten Gebieten zeigte jedoch, daß diese Lösungen weder von der Bildungsstelle der Spalten, noch von ihrer Beschaffenheit eine klare Vorstellung vermitteln, weil sie an der ganzen filtrierenden Oberfläche der Schicht filtriert und adsorbiert werden. Die Durchführung der gestellten Aufgabe ist offensichtlich nur dann möglich, wenn dabei ein Indikator benutzt wird, der nur in die Spalten eindringen, jedoch nicht in die von keiner Spalte durchsetzten Zonen der Schicht einsickern kann.

Diese Forderung kann offenbar nur ein körniges radioaktives Material erfüllen, wenn man es in die Spalte zusammen mit gewöhnlichem Sand eingeführt und dann auf geeignete Weise lokalisiert. Zu diesem Zweck wurde im WNII<sup>2)</sup> von den Mitarbeitern des Laboratoriums für hydraulische Schichtsprengung ein Verfahren zur Herstellung körniger Isotope vorgeschlagen.

Nach diesem Verfahren wurden in Zusammenarbeit mit Ingenieuren des Ilskij-Bohrlochmeßtrupps<sup>3)</sup> körnige Isotope hergestellt, untersucht und bei Schichtsprengungen auf den Feldern der Abinsker- und der Tschornomorsker-Erdölverwaltung angewandt.

Als körniger Grundstoff gelangte gesiebter Wolgasand von Wolsk (Korngröße 0,6 bis 0,8 mm) zur Verwendung; auf den Oberflächen der Sandkörner waren Salze von

radioaktivem Kobalt ( $\text{Co}^{60}$ , Halbwertszeit  $4,95 \pm 0,04$  Jahre) adsorbiert und fixiert.

Bei der Herstellung des radioaktiven Sandes maß man der Fixierung der Isotope an der Oberfläche der Körner besondere Bedeutung bei. Das war deshalb erforderlich, um zu vermeiden, daß die Isotope in die Flüssigkeit des Sandträgers übergehen (d. h. desorbiert werden); dadurch würden zweifellos die tatsächlichen Verhältnisse entstellt werden.

Die Herstellung des radioaktiven Sandes wurde in folgender Weise durchgeführt:

Die Körner des Wolgasandes wurden mit einer Lösung von Salzen radioaktiven Kobalts mit der spezifischen Aktivität  $0,1 \text{ mC/cm}^3$  angefeuchtet. Dann wurde der Sand bis zur völligen Entfernung der Feuchtigkeit getrocknet und mit Bakelit im Verhältnis 5 kg Sand auf 0,25 l Bakelit gemischt.

### Physikalisch-mechanische Eigenschaften des Bakelits

Spez. Gewicht, $\text{g/cm}^3$ .....	1,35
Dauer der Polymerisation, s .....	50—115
Festigkeitsgrenze $\text{kg/cm}^2$	
bei Zug .....	650
bei Druck .....	2000
bei statischer Biegung .....	600
Spezifische Stoßzähigkeit, $\text{cmkg/cm}^3$ .....	5—6
Härte, $\text{kg/cm}^2$ .....	35—40
Schrumpfung, % .....	0,9—1,1

Das Trocknen des Bakelits erfolgte bei ununterbrochenem Durchmischen, so daß eine allseitige Bedeckung der Körner mit einer sehr festen, thermo- und säurebeständigen Hülle gewährleistet und die Möglichkeit des Zusammenbackens der einzelnen Körner vermieden wurde.

<sup>1)</sup> Aus „Erdölwirtschaft“ (russisch), Moskau 1956, Heft 5.

<sup>2)</sup> Wissenschaftliches Forschungsinstitut der UdSSR.

<sup>3)</sup> I. H. GUMENKO, S. P. OMES, N. W. KALYBIN.



Der auf diese Weise hergestellte Sand wurde in fließendem Wasser sorgfältig gewaschen und auf die Änderung der Strahlungsintensität mit dem Zähler AMM-4 geprüft (Tabelle 1).

Tabelle 1

Untersuchte Gegenstände und Materialien	Intensität der Gamma-Strahlung Imp./Min.
Störpegel des Zählers AMM-4 .....	480
Natürliche Aktivität des Sandes vor der Adsorption ..	410
Natürliche Aktivität des reinen Wassers .....	660
Radioaktiver Sand mit Bakelitumhüllung:	
vor dem Waschen .....	77 000
nach dem ersten Waschen*) .....	48 200
nach dem zweiten Waschen .....	43 000
nach dem dritten Waschen .....	43 200

\*) Der Abstand zwischen der Röhre des Geigerzählers und der Sandeinwaage wurde etwas vergrößert.

Aus Tabelle 1 geht hervor, daß der radioaktive Sand nach dem ersten Waschen etwas an Strahlungsintensität verlor, aber im weiteren Verlauf stellte sich die Intensität auf einen konstanten Wert ein und blieb sehr hoch: 43000 Imp./Min. (dies übertrifft die natürliche Radioaktivität der Gesteine um ein vielfaches).

Parallel dazu wurden Versuche angestellt, um die Möglichkeit der Verwendung radioaktiven Sandes mit nicht fixierten Isotopen, d. h. ohne Bakelitüberzug, zu klären (Tabelle 2).

Tabelle 2

Untersuchte Gegenstände und Materialien	Intensität der Gammastrahlung Imp./Min.	
Störpegel des Zählers AMM-4 .....	480	
Natürliche Aktivität des Sandes vor der Adsorption ....	410	
Natürliche Aktivität des reinen Wassers .....	660	
Radioaktiver Sand ohne Bakelitüberzug:	Sand	Wass- wasser
vor dem Waschen .....	180 000	—
nach dem ersten Waschen .....	10 000	90 000
nach dem zweiten Waschen .....	5 500	2 250
nach dem dritten Waschen .....	2 200	2 670
nach dem vierten Waschen in fließendem Wasser ..	1 400	—

Aus Tabelle 2 geht hervor, daß bei dem radioaktivem Sand\*) mit nicht fixierten Isotopen nach einer Anzahl Waschungen die Intensität der Strahlungen bis zum fast völligen Abwaschen der adsorbierten Isotope abnahm.

Zugleich nahm das Washwasser (durch Desorption) eine hohe, verseuchende Radioaktivität an.

Die angestellten Versuche zeigten anschaulich, daß zur Lokalisierung der Spalten bei hydraulischer Sprengung radioaktiver Sand mit fixierten Isotopen benutzt werden muß. Die körnigen Isotope wurden bei hydraulischen Sprengungen auf den Ölfeldern der Abinfeft und Tschornomorfeft in sechs Exploitationsbohrungen verwendet. Die Abb. 1, 2 und 3 zeigen die GK-Diagramme (Gamma-Karottage) für die drei Bohrungen 262, 49 und 166.

Die ersten Versuche mit der Verwendung körniger Isotope wurden in der Bohrung 262 vorgenommen. Hier

\*) Die fertigen körnigen Isotope wurden vor der Verwendung zunächst 14 Stunden lang in fließendem Wasser gewaschen.

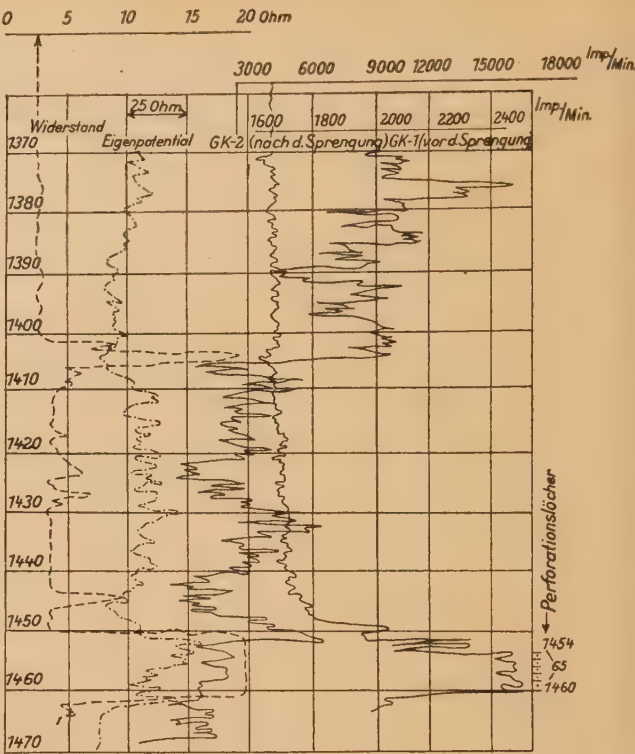


Abb. 1. Bohrung 262

Maßstab 1 : 500, Bohrlochsohle 1469 m; Rohrtour 6''  
Meßgeschwindigkeit 120 m/h

hatte die Feststellung des Charakters und der örtlichen Lage der Spalten in der Schicht das größte praktische Interesse, da in dieser Bohrung schon früher eine hydraulische Sprengung ausgeführt worden war, nach der die durchschnittliche Tagesförderung von 2,3 auf 10 bis 15 t stieg und in einzelnen Zeiträumen 25 t erreichte.

Für die Untersuchung führte man in die Schicht wiederholt Sand mit Zusatz einer gewissen Menge körniger Isotope ein. Dabei setzte man voraus, daß bei wiederholten Arbeiten sich früher gebildete Spalten wieder öffnen würden, die dann im GK-Diagramm festgehalten würden.

Die erwähnten Arbeiten wurden in folgender Reihenfolge durchgeführt:

Zu Beginn, d. h. vor dem Einpumpen des Sandes, führte man eine vorbereitende Gamma-Kernung aus, um die natürliche Radioaktivität der Gesteine zu bestimmen und den Anschluß an die übliche physikalische Messung im Bohrloch (Karottage) zu erleichtern. Die natürliche Radioaktivität der Gesteine im Hangenden und Liegenden des Lagers ging über 2600 Imp./Min. nicht hinaus, und gegenüber dem Siebfilter des Bohrlochs betrug sie nur 1200 bis 1400 Imp./Min.

Nachdem sich die Spalte von neuem geöffnet hatte, pumpte man in die Schicht 1 t isotopenfreien Sand (zur Ausfüllung aller etwa vorhandenen Kavernen) und danach noch 1 t Sand, aber diesmal mit Isotopen, bei einem Verhältnis von 250 g radioaktiven Sandes auf 100 kg gewöhnlichen Sandes.

Beim Einpumpen der letzten Sandportionen setzte man den Druck stark herab, um das Festklemmen des Sandes durch die Schicht in der nächsten Umgebung der Bohrlochwandung zu ermöglichen. Nach Beendigung dieser Arbeit und Kontrolle der Sohle (die sich als rein erwies) wiederholte man die Gamma-Karottage.



Im Diagramm waren deutlich die Abschnitte zu erkennen, in denen radioaktiver Sand in die Schicht eingedrungen und festgeklemt worden war (über die ganze Mächtigkeit). Die Strahlungsintensität des Sandes betrug 16500 bis 17000 Imp./Min., d. h. 12 mal mehr als die natürliche Radioaktivität der Gesteine, aus denen die produktive Schicht besteht.

Auf die gleiche Weise wurde radioaktiver Sand auch bei den anderen Bohrlöchern in die Schicht eingeführt, aber mit verschiedener Konzentration der Isotope (Tabelle 3).

Aus der Prüfung der GK-Diagramme (s. Abb. 1, 2, 3) ergibt sich, daß sich bei der hydraulischen Sprengung in der Bohrung 262 eine seigere Spalte über die ganze Schichtmächtigkeit, im Bohrloch 49 eine im Hangenden (am Kontakt) und in Bohrung 166 eine oberhalb der produktiven Schicht gebildet hatte.

Tabelle 3

Bohrung Nr.	Menge des eingepumpten Sandes ohne radioaktive Isotope	Menge des Sandes mit Zusatz mit Isotopen	Menge des radio- aktiven Sandes	Verhältnis des radioaktiven zum gewöhnlichen Sand
	kg	kg	kg	
262	1000	1000	2,5	250 g : 100 kg
236	1000	1000	2,5	250 g : 100 kg
133	1500	2500	2,5	100 g : 100 kg
166	300	400	1,2	300 g : 100 kg
49	300	400	1,2	300 g : 100 kg
213	1000	500	1,5	300 g : 100 kg

### Zusammenfassung

1. Labor- und Betriebsuntersuchungen ergaben, daß radioaktiver Sand mit fixierten Isotopen (mit Bakelit-

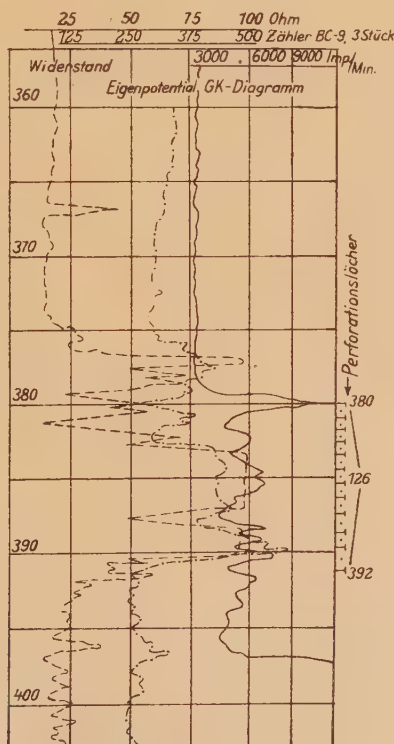


Abb. 2. Bohrung 49

Maßstab 1 : 200, Bohrlochsohle 522 m; Rohrtour 9<sup>3</sup>/<sub>4</sub>'' M 2,5 A 0,25 B; K-35; J-3,5 cA; Sn-0,2; M 25 AO1B; K-21,2 J-21,2 cA; Sn-0,2. Meßgeschwindigkeit 200 m/h

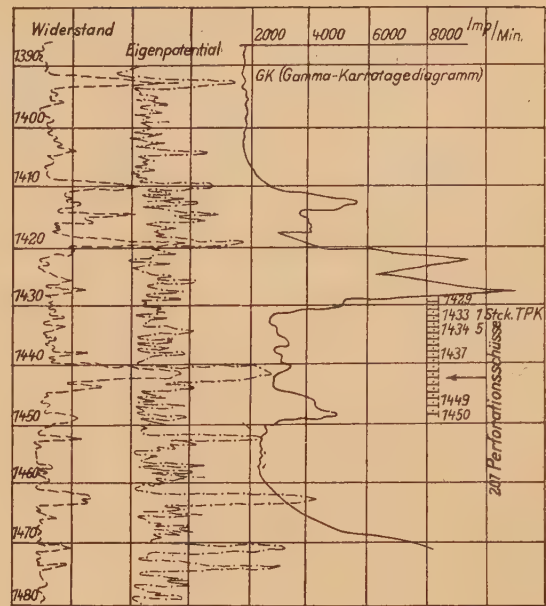


Abb. 3. Bohrung 166

Maßstab 1 : 500, Bohrlochsohle 1490 m; Rohrtour 9<sup>3</sup>/<sub>4</sub>'' B 2,5, A 0,25 m; J 17,3 mA; Ko 10; 1-13,3. Meßgeschwindigkeit 900 m/h. Zähler BC-9 — 3 Stück. Typ der Station: PK-AKC

überzug) als Indikator benutzt werden kann, um die bei der hydraulischen Sprengung einer Schicht entstehenden Spalten anzuzeigen, sowohl in Exploitations- als auch in Druckbohrungen.

2. Eine Mischung aus radioaktivem und gewöhnlichem Sand (250 g radioaktiver Sand der angegebenen Intensität auf 100 kg gewöhnlichen Sand) gibt eine deutliche Anomalie, was die Verwendbarkeit des Mischungsverhältnisses in der angegebenen Konzentration bestätigt.

3. Das beschriebene Verfahren zur Herstellung körniger Isotope ist verhältnismäßig einfach und nimmt wenig Zeit in Anspruch. Die isolierende Hülle verhindert die Entstehung schädlichen radioaktiven Staubes, der sich ohne Überzug bei der Reibung der Sandkörner bilden könnte.

Wie auch in jedem anderen Fall muß man hier selbstverständlich alle Vorschriften und Normen der technischen Sicherheit beim Arbeiten mit radioaktiven Elementen streng einhalten.

### C<sup>14</sup> als Zeitmesser

Im französischen Departement Dordogne wurde während des zweiten Weltkrieges eine mit vielen Fresken ausgestattete Höhle bei Lascaux aufgefunden. Da man feststellen wollte, zu welcher Zeit diese Malereien angefertigt wurden, untersuchte man in der Höhle aufgefundenen Holzkohlenreste. Nach der Radiokarbonmethode untersucht, ergab sich, daß etwa 15000 Jahre verstrichen sind, seitdem die Urmenschen diese Zeichnungen anbrachten. Die auf Grund des Gehaltes an C<sup>14</sup>, des radioaktiven natürlichen Kohlenstoffes, vorgenommenen Untersuchungen sind bis auf 5 % genau.

Nach derselben Methode wurden für das Alter der Kultstätte von Wiltshire in England 3875 Jahre ermittelt, für das der Sonnenpyramide von Teotihuacan in Mexiko 2334 Jahre und für das eines Hausdaches der altbabylonischen Stadt Nippur in Mesopotamien 3945 Jahre.

Der Rücktritt des Eises der letzten europäischen Eiszeit, die vor etwa 100000 Jahren begann, trat vor etwa 20000 Jahren ein. Auch diese Altersbestimmung wurde an Hand der Radiokarbon-Methode durchgeführt. Sie ist zunächst auf Altersbestimmungen beschränkt, die den Zeitraum von der Jetztzeit bis zu 30000—35000 Jahren umfaßt.



# Der Begriff der Bauwürdigkeit<sup>1)</sup>

Von A. WATZNAUER, Freiberg

In zahlreichen Besprechungen und Diskussionen wurden Fragen der Bauwürdigkeit berührt. Einer Analyse dieses Begriffes wurde gewöhnlich aus dem Wege gegangen, da seine stark komplexe Natur ein rasches, tieferes Eindringen nicht gestattete. Nun ist aber die „Bauwürdigkeit“ einer der Zentralbegriffe des bergwirtschaftlichen Denkens. Es wird deshalb im folgenden versucht, die Diskussion darüber anzuregen. Mehr nicht. Eine vollständig erschöpfende Analyse ist nicht beabsichtigt und wahrscheinlich mit einem Anlauf auch gar nicht zu erreichen. Sie könnte sich als Frucht der Diskussion ergeben; dann wäre der Zweck der folgenden Zeilen erreicht. Um die Diskussion nicht von vornherein in bestimmte Bahnen zu lenken, ist auf das besonders im sowjetischen Schrifttum reichlich niedergelegte Gedankengut nicht eingegangen worden. Es scheint mir richtiger, von grüner Wurzel aus zu beginnen, um neue Einblicke in das Problem zu gewinnen.

„Bauwürdigkeit“ ist ein Begriff, der wohl in keiner bergwirtschaftlichen Betrachtung fehlt. Ob es sich um die Ermittlung von Vorratzzahlen einer Lagerstätte oder um großräumige Betrachtungen hinsichtlich der Versorgungslage einzelner Staaten oder ganzer Staatengruppen mit bergtechnisch gewinnbaren metallischen oder nichtmetallischen Rohstoffen handelt, stets ist der Fragenkomplex, der sich unter dem Begriff der Bauwürdigkeit verbirgt, von grundsätzlicher Wichtigkeit. Seine Bedeutung wird noch dadurch stark hervorgehoben, daß er stets am Anfang aller Betrachtungen steht. Die Frage nach der Bauwürdigkeit entscheidet vor allen anderen den Entschluß, ob die Gewinnung des Rohstoffes im oben genannten Sinne überhaupt in Angriff genommen werden soll bzw. ob ein vorhandener Vorrat dieses Rohstoffes wirtschaftlich überhaupt als solcher in Anschlag gebracht werden darf. So einfach und klar der Begriff der Bauwürdigkeit scheinen mag, so komplex erweist er sich bei näherer Analyse.

Die Wurzel seiner Entstehung, früher unbewußt angenommen, heute bewußt erkannt, ist in der Tatsache begründet, daß alle Elemente überall in einer gewissen Menge vorhanden sind, daß man sie aber nur dort gewinnen kann, wo sie ein solches Maß an Konzentration besitzen, daß sie nutzbringend erzeugt werden können, wobei das Wort nutzbringend sowohl auf Einzelpersonen als auch auf die Gesellschaft an sich bezogen sein kann. Nun bezeichnet man überdurchschnittliche Elementkonzentrationen in der Erdkruste als Lagerstätten, und der Begriff der Bauwürdigkeit scheint in jenem der nutzbaren Lagerstätten aufzugehen, falls man „nutzbar“ als „gewinnbringend“ definiert. So aufgefaßt bezieht sich der Begriff „Bauwürdigkeit“ also auf die gesamte Lagerstätte. Bauwürdig ist eine Lagerstätte aber dann, wenn die zu ihrem Abbau bzw. zur gesamten Metallgewinnung notwendigen Mittel kleiner sind als der Gewinn, den man aus dem Verkauf der gewonnenen Produkte erzielt. Die Bauwürdigkeitsgrenze (die so oft zitierte untere Bauwürdigkeitsgrenze gibt es nicht, da eine obere Bauwürdigkeitsgrenze an sich sinnlos ist), wäre damit als eine solche definiert, bei der sich bei Abbau der Lagerstätte Kosten und Gewinn die Waage halten. Die Weiterentwicklung und Verfeinerung der Bergtechnik hat im Laufe der Zeit zu einer Verschiebung dieser Auffassung des Bauwürdig-

keitsbegriffs geführt. Die Aufteilung großer Lagerstätten in einzelne Produktionsgruppen, die Gliederung der Produktionsgruppen in einzelne Betriebsabteilungen und die weitere Aufspaltung dieser in einzelne Sohlen und Blöcke hat dazu geführt, auch auf diese kleineren Einheiten den Begriff der Bauwürdigkeit anzuwenden. Man spricht deshalb jetzt überwiegend von bauwürdigen Abbaublocken, wendet also den Begriff auf die kleinste Produktionseinheit an. Diese Auffassung ist verständlich, wenn man in der Produktion bergbaulicher Rohstoffe nur den finanziellen Gewinnfaktor sieht. Einen Block, dessen Abbau höhere Kosten verursacht als der Verkauf des Erzeugnisses einbringt, wird man unter diesem Aspekt nicht abbauen, d. h. als unbauwürdig betrachten. Ansporn und Ursache des Betriebsgeschehens wird durch die Höhe des Gewinns bestimmt. Anders ist es allerdings dann, wenn man die Aufnahme eines bergbaulichen Betriebes als eine Tätigkeit auffaßt, die den Zweck hat, der Volkswirtschaft die benötigte Menge an Metall oder nichtmetallischem Rohstoff zur Verfügung zu stellen, wobei der Preis der Gewinnung mit dem volkswirtschaftlichen Gesamtgefüge selbstverständlich im Einklang stehen muß, aber nicht als Triebfeder der bergbaulichen Tätigkeit wirken darf. So betrachtet, kann man den Begriff der Bauwürdigkeit nur auf die gesamte Lagerstätte beziehen, denn der gesamte Lagerstätteninhalt ist das volkswirtschaftliche Faktum, das in Rechnung gesetzt werden muß. Die Definition der Bauwürdigkeit muß dann so abgeändert werden, daß der Produktionsbetrieb als Ganzes gewinnbringend sein muß. Der Schnitt „Bauwürdigkeitsgrenze“ liegt dann nicht bei der kleinsten Einheit, beim Abbaublock, sondern beim Haufwerk, das von der Hängabank gezogen wird bzw. im Falle eines Erzbetriebes, der aus mehreren Schachtgruppen besteht und einer Zentralaufbereitung zuliefert, beim Aufgabegut der letzteren. Es ist ersichtlich, daß in beiden Fällen der Begriff des „Verschnitts“ eine Rolle spielt, aber es ist klar, daß im ersten Fall der Haufwerksverschnitt von begrenzter Gültigkeit sein wird, während ihm im zweiten Falle prinzipielle Bedeutung zukommt. Im Falle der Betrachtung einer Lagerstätte lediglich als gewinnbringendes Objekt wird der Verlust einzelner, eben „unbauwürdiger Lagerstattenteile“ notwendige Folge sein, während bei der Auffassung einer Lagerstätte als einer Möglichkeit, der Wirtschaft Rohstoffe zur Verfügung zu stellen, unter vernünftiger Zurückstellung des Gewinnfaktors, zu einem vollständigeren Abbau des Lagerstätteninhaltes führen wird. In der Praxis werden sich beide Gesichtspunkte etwas vermengen, da auch im ersten Fall eine Nutzarmachung des gesamten Lagerstätteninhaltes angestrebt, aber nicht unbedingt realisiert wird, während im zweiten das Gewinnstreben auch eine, wenn auch gedrosselte, Rolle spielt.

Es scheint mir, daß die Gewinnung des gesamten Lagerstätteninhaltes, also die Beachtung des zweiten Gesichtspunktes, das richtige ist.

Die Beurteilung der Bauwürdigkeit einer Lagerstätte muß diese also als Ganzes betrachten, wobei das „Ganze“ bei großer Ausdehnung zunächst den Teil beinhaltet, der einem Schacht oder einer Schachtgruppe als selbständiges Arbeitsfeld zugeteilt ist.

<sup>1)</sup> Mit diesem und dem folgenden Aufsatz, die der Redaktion gleichzeitig zugehen, eröffnen wir eine Diskussion über das Problem der Bauwürdigkeit. Wir fordern alle Kollegen auf, dazu Stellung zu nehmen.  
D. R.



Die bisher skizzierte Auffassung hat eine erhebliche Rückwirkung auf die Art der Vorratsberechnung eines Feldes oder Feldesteiles. Sie berührt zwar weniger die Sicherheitsgrade eines Vorrats, also die Begriffe A, B, C der Vorratsberechnung, als die Entscheidung, ob ein Block- oder Lagerstättenteil überhaupt noch in die Vorratsberechnung hereingenommen werden kann. Die Bauwürdigkeitsgrenze liegt nun für den einzelnen Lagerstättenteil nicht mehr bei der Gleichheit von Kosten und Erlös für ihn allein, sondern geht in den komplexen Wert ein, der beim Aufgabegut bzw. auf der Hängebank als Bauwürdigkeitsgrenze definiert wird. Es scheint mir deshalb nötig, für einzelne Lagerstättenteile das Wort *bauwürdig* überhaupt zu vermeiden und es durch das Wort *vorratswürdig*<sup>2)</sup> zu ersetzen. Dieser Begriff der Vorratswürdigkeit ist selbstverständlich kein absoluter. Er hängt von der Geschicklichkeit der Abbauführung ebenso stark ab wie vom technologischen Prozeß und dem allgemeinen Preisgefüge bzw. der volkswirtschaftlichen Notwendigkeit des zu gewinnenden Produkts. Er wird beeinflusst von der Bauwürdigkeit im Sinn der Kostengleichheit, die ihrerseits ebenfalls von den beiden zuletzt genannten Faktoren abhängt. So kann ein gegebener technologischer Prozeß eine „zeitweilig-absolute“ Grenze der Vorratswürdigkeit und Bauwürdigkeit bedingen, z. B. der Bergegehalt einer Aufbereitung oder der absolut in die Schlacke gehende Metallgehalt bei einem Hüttenprozeß. Wie weit die volkswirtschaftliche Notwendigkeit in ihrem Einfluß gehen kann, zeigen Kriegszeiten und die Gewinnung schnell an Bedeutung zunehmender Rohstoffe, besonders dann, wenn ihre Produktion ein Politikum darstellt.

Der hier abgespaltene Begriff der Vorratswürdigkeit spielt auch in anderer Weise als durch seine Gehaltszahl in die Vorratsberechnung hinein. Es bestehen Berührungspunkte mit der Frage der Vorratsklassifikation und der dort lebhaft diskutierten Frage der Ausscheidung von Lagerstättenteilen, die infolge äußerer mehr technischer Umstände, wie Lage in Schutzpfeilern oder schlechte Aufschlußmöglichkeiten usw., nicht gebaut

<sup>2)</sup> Der Begriff „Vorratswürdigkeit“ ist nicht identisch mit dem des geologischen Schwellenwerts wie er bei der Staatlichen Geologischen Kommission bzw. der ZVK verwandt wird. Die Vorratswürdigkeit eines Lagerstättenteils kann erst nach dem Aufschluß der gesamten Lagerstätte festgelegt werden, ist also eine Betriebskennziffer. Der geologische Schwellenwert ist demgegenüber eine der Untersuchung vorgegebene Richtzahl.

#### IX. Berg- und Hüttenmännischer Tag der Bergakademie Freiberg vom 13. bis 15. Juni 1957

Diese in Freiberg schon zur Tradition gewordene Fachtagung, die die Wissenschaftler des Berg- und Hüttenwesens und verwandter Disziplinen aus Ost und West zu Vorträgen, Diskussionen und zum wissenschaftlichen Erfahrungsaustausch zusammenführt, findet in diesem Jahr vom 13. bis 15. Juni statt.

Am Vormittag des 13. Juni wird der Rektor der Bergakademie, Prof. Dr. MEISSER, den Berg- und Hüttenmännischen Tag eröffnen. Die Festansprache hält der Stellvertreter des Vorsitzenden des Ministerrats der Deutschen Demokratischen Republik, Herr FRITZ SELBMANN.

Viele interessante Vorträge sind bereits angemeldet; vor allem werden die hüttenmännischen Fachgebiete (Eisenhüttenwesen, Metallkunde und Metallverformung) zahlreich vertreten sein. Erfreulich ist, daß Vorträge verschiedener ausländischer Fachleute (aus Nancy, Rotterdam, Most, Pilsen, Warschau und Budapest) und westdeutscher Wissenschaftler angekündigt sind. Das Geologische Institut der

werden können. Sie stellen selbstverständlich Vorräte eines gewissen Sicherheitsgrades dar, werden aber nicht direkt in die Vorräte einbezogen. Trotz der Versuchung, auch hier den Begriff der Vorratswürdigkeit in Anwendung zu bringen, glaube ich, daß es besser ist, in diesen Fällen von bergwirtschaftlicher Nutzbarkeit bzw. dessen Gegenteil zu sprechen, da die Faktoren, die in letzterem Falle zum Verzicht auf den Abbau führen, andere sind als im ersten.

Wie stark die Begriffe Bauwürdigkeit, Vorratswürdigkeit, Sicherheitsgrad der Erkundung usw. miteinander verflochten sind, kam auch in der Diskussion zur Vorratsklassifikation (s. Ztschr. f. angew. Geol., Nr. 10/1956) zum Ausdruck. Ich erwähnte bei dieser Gelegenheit den Fall, daß der Sicherheitsgrad der Erkundung, also z. B. die Feststellung von möglicher Weise sehr großen  $A_1$ -Vorräten, keinen Anhalt für die Entscheidung der Bauwürdigkeit einer Lagerstätte geben. Wenn diese  $A_1$ -Vorräte über ein großes Gebiet so stark verzettelt sind, daß ihre betriebliche Zusammenfassung nicht möglich ist, und die dazwischenliegenden Lagerstättenteile nicht die Erzielung eines bauwürdigen Verschnitt-Haufwerkes erlauben, so sind auch die  $A_1$ -Vorräte, und mag ihre Summe noch so groß sein, nicht vorratswürdig. Sie werden es natürlich sofort, wenn eine geänderte Technologie der Aufbereitung oder Verhüttung eine so starke Senkung des Gehaltes des Haufwerkes gestattet, daß der Gehalt des Verschnittaufwerkes, das sich aus dem Abbau der gesamten Lagerstätte ergibt, die Bauwürdigkeit dieser garantiert.

So verwickelt die Verhältnisse im einzelnen auch sein mögen, so geht letzten Endes jede Überlegung der bergwirtschaftlichen Bedeutung einer Lagerstätte von zwei Fragen aus:

1. Was ist tatsächlich vorhanden und mit welchem Sicherheitsgrad ist es erkundet;
2. was ist von dem Vorhandenen, unter der Annahme der Konstanz bestimmter Faktoren (zu denen vor allem die sich aus der Technologie und volkswirtschaftlicher Notwendigkeit ergebende Bauwürdigkeit der Lagerstätte gehört) vorratswürdig.

Zusammenfassend wird der Vorschlag gemacht, den Begriff der *Bauwürdigkeit* nur auf die *gesamte Lagerstätte* zu beziehen und für *Teile einer solchen* den Begriff der *Vorratswürdigkeit* zu verwenden.

Bergakademie bietet Vorträge über Salzgeologie, die Mineralogen werden sich mit metallogenetischen Themen befassen, während die Geophysiker in ihren Vorträgen die Anwendung der Geophysik auf die Lagerstättenerkundung, den Bergbau und ingenieurtechnische Fragen behandeln werden.

Erstmals in diesem Jahr werden für die Gäste aus der Deutschen Bundesrepublik sowie aus dem Ausland am 17., 18. und 19. Juni Exkursionen verschiedener Fachrichtungen in geologisch-interessante Gebiete, Betriebe der Schwerindustrie und Forschungsinstitute durchgeführt.

So führen z. B. die geologischen Exkursionen (je 2 Tage) in das Gebiet der kristallinen Schiefer und Granite des westlichen Erzgebirges und in das vogtländische Paläozoikum bzw. in die Braunkohlengebiete der Ober- und Niederlausitz. Die Teilnehmer der lagerstättenkundlichen Exkursionen (ebenfalls je 2 Tage) besuchen den Kupferschieferbergbau oder den VEB Kaliwerk „Karl-Liebknecht“ in Bleicherode (Harz).

Anmeldungen und Anfragen sind bis spätestens 1. Mai 1957 an das Außeninstitut der Bergakademie Freiberg/Sa., Akademiestraße 6, Zimmer 29, zu richten.



# Zum Problem der Bauwürdigkeit

Von F. STAMMBERGER, Berlin

## 1. Einleitung

Die Bedeutung der Bauwürdigkeit für die geologische Praxis ist sicher ebenso groß wie die Schwierigkeiten, die bei der theoretischen Lösung dieses Problems zu überwinden sind.

Die Bauwürdigkeit ist ein ausschlaggebender Faktor bei der Bewertung einer Lagerstätte und der Gruppierung ihrer Vorräte<sup>1)</sup>. (Die Lagerstättenvorräte können erst berechnet werden, nachdem die Grenzen der Bauwürdigkeit bestimmt wurden. Keine Klassifikation der Lagerstättenvorräte kann dieses Problem umgehen (2).) Mit vollem Recht forderte daher H. REH (3) die klare Festlegung der Bedingungen der Bauwürdigkeit für jeden Rohstoff und Lagerstättentyp.

In den von der ZVK herausgegebenen Instruktionen zur Anwendung der Klassifikation der Lagerstättenvorräte fester mineralischer Rohstoffe wird versucht, diesen Wünschen gerecht zu werden. Es ist jedoch zweckmäßig, die ZVK durch eine Aussprache über die Bauwürdigkeit zu unterstützen, zumal während der Beratung der neuen deutschen Vorratsklassifikation in Leipzig (4) dieses Problem seiner Kompliziertheit wegen zunächst aus der Diskussion ausgeklammert wurde (5), doch später keineswegs völlig umgangen werden konnte (6).

Verfasser erhebt mit vorliegendem Aufsatz keineswegs Anspruch auf eine endgültige Lösung des schwierigen Problems. Dazu ist eine breit geführte Aussprache der Geologen, Bergleute und Wirtschaftler notwendig. Um diese Aussprache in Fluß zu bringen, schien es ihm dienlich, die wichtigsten Standpunkte darzulegen, selbst Stellung zu nehmen, eigene Vorschläge zu entwickeln und zur Diskussion zu stellen.

## 2. Die Bauwürdigkeit und die Gewinnbarkeit

Im westdeutschen Normentwurf „Nutzbare Lagerstätten — Einteilung der Vorräte“ (7) und dem erläuternden Aufsatz von Dr.-Ing. HANS JAHNS (8) werden die Lagerstätten-Vorräte (in der dritten Stufe) nach der Gewinnbarkeit und (in der vierten Stufe) nach der Bauwürdigkeit gruppiert. JAHNS erläutert diese Reihenfolge: „... die Frage der Gewinnbarkeit muß geklärt sein, bevor man Überlegungen über die Bauwürdigkeit anstellt.“

Der dritte Schritt der Unterteilung enthält „die *technische*<sup>2)</sup> Beurteilung der einzelnen Teilmengen hinsichtlich der Möglichkeit, sie bergmännisch zu gewinnen und zu einem verwertbaren Bergbaumineral zu verarbeiten. Die Beurteilung umfaßt alle Arbeitsgänge der Gewinnung, der Förderung, der Aufbereitung und der Veredlung.“ (8, S. 1043).

Beim vierten Schritt werden die Vorratsgruppen „nach dem *wirtschaftlichen*<sup>2)</sup> Gesichtspunkt der Bauwürdigkeit“ in Untergruppen unterteilt. (8, S. 1043).

Unter Gewinnbarkeit wird somit im Normentwurf die Möglichkeit verstanden, einen vorhandenen Mineralvor-

rat überhaupt technisch gewinnen und verarbeiten zu können; unter Bauwürdigkeit dagegen die Möglichkeit, dies wirtschaftlich lohnend zu tun. Die Unterscheidung der Begriffe Bauwürdigkeit und Gewinnbarkeit ist nicht neu; sie weicht indessen von den in letzter Zeit publizierten Auffassungen ab.

PAUL KUKUK z. B. bemerkte im Jahre 1955 (9), daß die Bauwürdigkeit ein schwer zu fassender, weil stark veränderlicher Begriff sei, da er von vielen bergwirtschaftlichen Umständen abhängt:

„So von den montangeologischen Verhältnissen, insbesondere der Vorratsmenge und dem Gehalt an nutzbarem Mineral, dem Stande der Bergbau- und Hüttentechnik, den Gewinnungskosten, dem Preis des Bergbauerzeugnisses, dem Stand des Weltmarktes, der geographischen Lage des Fundortes, den Arbeits-, Transport- und Lohnverhältnissen, der bergbaulichen Teufe, dem Streben nach Selbstversorgung mit Rohstoffen und vielen sonstigen Umständen.“ (a. a. O. S. 226)

In dieser Aufzählung überschneiden sich somit technische und wirtschaftliche Faktoren.

Dr.-Ing. GÜNTHER FETTWEIS bemerkte in seiner Übersicht über die Steinkohlenvorräte im niederrheinisch-westfälischen Gebiet (10) zu der uns interessierenden Frage:

„Bei einer derartigen Kohlenmengenberechnung, wie sie auch der Verfasser nachstehend benutzt, werden in einheitlicher Weise alle nach übergeordneten Gesichtspunkten als im Grundsatz bauwürdig anzusprechenden Flöze erfaßt. Dabei findet die jeweils vorhandene und abzusehende allgemeine *technische* und *wirtschaftliche*<sup>2)</sup> Lage des Bergbaus Berücksichtigung.“ (a. a. O. S. 493).

FETTWEIS vereinigt damit bei der Bestimmung der Bauwürdigkeit technische und wirtschaftliche Faktoren.

In DIN 21941 „Lagerstättenarchiv Steinkohlenbergbau“ (11) heißt es unter 5 (S. 21):

„Dabei werden die Bauwürdigkeitsstufen der Vorräte, die in ausgerichteten Teilen des Flözes anstehen, auf Grund der Flözarhivangaben einzeln ermittelt unter Beachtung aller geologischen, rohstofflichen, *bergwirtschaftlichen* und *bergtechnischen*<sup>2)</sup> Gesichtspunkte.“

Anschließend wird als Ersatz — bei nicht ausreichenden Unterlagen — die Bauwürdigkeit nach den bekannten Grundsätzen LEHMANNs bestimmt:

„Bauwürdig sind Flöze, die sich nach dem jeweiligen und absehbaren Stand der Abbautechnik wirtschaftlich bauen lassen.“<sup>3)</sup>

Und:

„Bedingt bauwürdig sind Flöze, die zwar abbautechnisch gewinnbar sind, aber aus wirtschaftlichen Gründen nicht oder nur zu bestimmten Zeiten, nämlich bei geeigneter Preis- und Lohngestaltung, gebaut werden können.“<sup>3)</sup>

Auch in dieser anerkannten Normvorschrift werden, wie wir uns überzeugen konnten, beide Begriffe nicht voneinander losgelöst.

LEHMANN (12) selbst formuliert auf S. 214 seines Aufsatzes:

„Die bauwürdigen und bedingt bauwürdigen Flöze stellen diejenigen Flöze dar, die sich abbautechnisch hereingewinnen lassen würden, wenn man auf die Wirtschaftlichkeit keine

<sup>1)</sup> „Der Begriff Eisenerz und Eisenerz-lagerstätte ist untrennbar verbunden mit dem Begriff der Bauwürdigkeit des Vorkommens, die Vorratsgrenzen innerhalb der einzelnen Lagerstätten sind meist Bauwürdigkeitsgrenzen.“ G. ELNECKE und W. KÖHLER (1, S. 8).

<sup>2)</sup> Hervorgehoben von F. St.

<sup>3)</sup> Zitiert nach DIN 21 941.



Rücksicht nimmt, während die bauwürdigen Flöze allein den Kohlenvorrat ergeben, der nach abbautechnischen und wirtschaftlichen Grundsätzen ermittelt wird.“

Wie dieses Zitat beweist, berücksichtigt LEHMANN abbautechnische und wirtschaftliche Gesichtspunkte zur Festlegung seiner Bauwürdigkeitsbegriffe.

Wenn wir bis ins Jahr 1910 zurückgehen, finden wir bei EINECKE und KÖHLER (1) als dominierendes Prinzip zwar die Gewinnbarkeit<sup>4)</sup>, doch die Gesichtspunkte, auf die sich die Verfasser hierbei beziehen und welche vorher beschrieben wurden, sind unter der Überschrift „Die Bauwürdigkeitsbedingungen“ (S. 8–26) zusammengefaßt. Ganz unmißverständlich ist außerdem im Punkt 7 der Zusammenfassung<sup>5)</sup> über die unterste Grenze der Bauwürdigkeit (S. 22) von der Gewinnbarkeit die Rede.

Die erwähnten Autoren faßten somit in ihrer oft zitierten Arbeit technische und wirtschaftliche Faktoren in einem Begriff — Bauwürdigkeit oder Gewinnbarkeit — zusammen.

Wenn EINECKE vierzig Jahre später in seinem Buch „Die Eisenvorräte der Welt“ (13) statt der Gewinnbarkeit die Bauwürdigkeit betont, so ist das keine Revision, sondern nur die Neuformulierung früherer Vorstellungen, wie folgendes Zitat beweist:

„Schon im Jahre 1910 wurde auf dem Geologenkongreß in Stockholm die Gruppierung der Vorräte in sichere, wahrscheinliche und mögliche als ungenau und verwirrend von deutscher Seite aufgegriffen und die Bauwürdigkeit eines Vorkommens als ihr Wertmesser bei ihrer Beurteilung empfohlen. Die Erze sollten nach ihrer wirtschaftlichen und technischen Bedeutung in drei Reihen geschieden werden. Die erste Reihe sollte Eisenerze umfassen, die ohne jede Voraussetzung unter den heutigen Bedingungen gewonnen werden können, die zweite solche, deren Gewinnbarkeit vom Eintritt weniger und leicht erfüllbarer Voraussetzungen abhängt, z. B. vom Gelingen von Aufbereitungsversuchen, von der besonderen Ermäßigung der Eisenbahntarife, von der Verbesserung der Hüttentechnik u. a. m. Zur dritten Reihe sollten die Erze gehören, deren Gewinnbarkeit den Eintritt mehrerer und schwer erfüllbarer Voraussetzungen notwendig macht und die darum heute noch nicht verwendbar sind“ (a. a. O. S. 2).

<sup>4)</sup> „Der Eisenerzvorrat des Landes setzt sich nach vorstehenden Gesichtspunkten aus drei wirtschaftlich verschiedenen Arten zusammen:

1. Eisenerze, welche ohne jede Voraussetzung unter den gegenwärtig vorhandenen Bedingungen gewonnen werden können. Diese werden als Eisenerzvorräte 1. Reihe bezeichnet.
2. Eisenerze, deren Gewinnbarkeit vom Eintritt weniger und leicht erfüllbarer Voraussetzungen abhängt. Sie werden als Eisenerzvorräte 2. Reihe bezeichnet.
3. Eisenerze, deren Gewinnbarkeit vom Eintritt mehrerer oder weniger leicht erfüllbarer Voraussetzungen abhängt. Sie sollen die Vorräte 3. Reihe bilden“ (a. a. O. S. 26).

<sup>5)</sup> „Die unterste Grenze der Bauwürdigkeit deutscher Eisenerze ist nunmehr, kurz zusammengefaßt, an folgenden allgemein gültigen Bewertungssätzen zu erkennen:

Eisenerze von geringstem Eisengehalt zu 20 v. H. Fe können noch bauwürdig sein, wenn sie nachstehende acht Bedingungen erfüllen:

1. wenn sie selbstgehend sind oder nur geringen Kalküberschuß haben. Dieses Erfordernis ist gleichbedeutend mit geringem Kieselsäuregehalt,
2. wenn sie mittelmanganhaltig sind,
3. wenn sie entweder hohen oder geringen, nicht mittleren, Phosphorgehalt haben,
4. wenn sie annähernd frei sind von Schwefel, Arsen, Blei, Zink, Titan,
5. wenn sie porös sind,
6. wenn sie stückförmig sind,
7. wenn sie mit geringen bergmännischen Selbstkosten gewinnbar sind,
8. wenn sie unter geringen Frachtkosten zur Hütte zu schaffen sind.

Fehlt eine oder mehrere dieser Bedingungen, so muß ein entsprechend höherer Eisengehalt als Ersatz eintreten“ (S. 22 a. a. O.).

Von den Geologen der DDR äußerte sich u. a. Dr. E. VOGEL 1954 (14) ausführlich zu dieser Frage:

„Die Bauwürdigkeit ist von den verschiedensten Bedingungen abhängig. Solche Faktoren können u. a. sein:

Mächtigkeit  
Qualität  
Teufenlage  
Aufbereitungsverfahren  
Verhüttungsverfahren  
Aufbereitungs- und Verhüttungsanlagen  
Gewinnungsverfahren  
Gewinnungskosten  
Aufbereitungs- und Verhüttungskosten  
Rentabilität  
Verkaufsmöglichkeiten  
Nationale Zwangslage  
Neue Verwendungsmöglichkeiten  
Marktlage  
Preiserhöhung oder -erniedrigung der Verkaufsprodukte  
Volkswirtschaftliche Gesichtspunkte  
Verkehrslage  
Höhe der Fracht  
Bau von Eisenbahnen, Kanälen oder Straßen  
Neue Erkenntnisse.

Jeder dieser Faktoren ist wichtig und hat mehr oder minder häufig das Zünglein an der Waage bei der Entscheidung, ob bauwürdig oder nichtbauwürdig, gespielt.

Ein Vorratskörper ist also dann bauwürdig, wenn

- a) alle diese Faktoren positiv gelöst sind oder
- b) ein oder mehrere Faktoren so wichtig sind, daß Nachteile in Kauf genommen werden können“ (a. a. O. S. 26).

Auch hier finden wir technische und ökonomische Faktoren nebeneinander.

Nach dieser informatorischen Übersicht über die neuere deutsche Literatur zu dieser Seite des Bauwürdigkeitsproblems erhebt sich zwangsläufig die Frage, ob die von den Autoren des westdeutschen Klassifikationsvorschlages vorgenommene Begriffsunterscheidung für die Bewertung einer Lagerstätte nicht einen neuen, vielleicht bisher übersehenen Vorteil bringt.

Der Vorteil und die Zweckmäßigkeit einer solchen Unterscheidung ist unseres Erachtens äußerst zweifelhaft. Wenn die entstehenden Kosten nicht gescheut werden, ist jeder beliebige Mineralvorrat technisch zu gewinnen<sup>6)</sup>. Wenn irgendein Vorrat trotzdem nicht gewonnen wird, so wegen der zu hohen Produktionskosten, d. h. aus wirtschaftlichen Gründen.

Die Entwicklung der Technik macht heute auch die Steinkohlengewinnung in Teufen von mehr als 1200 Meter möglich. Wenn derartige Kohlenvorräte im Ruhrgebiet gegenwärtig nicht als bauwürdige bzw. als bedingt bauwürdige Vorräte geführt werden, so nur aus wirtschaftlichen Gründen. Die Verflechtung der technischen und wirtschaftlichen Faktoren bei ihrer Einflußnahme auf die Bewertung einer Lagerstätte ist heute so innig, daß eine Trennung der Begriffe Bauwürdigkeit und Gewinnbarkeit — vor allem bei einer Klassifizierung der Vorräte — auch theoretisch nicht vertreten werden kann. Daher wird gegenwärtig entweder nur von der Bauwürdigkeit gesprochen — und dabei stillschweigend die Gewinnbarkeit mit einbezogen — oder es werden neue Begriffe (wie z. B. Bilanzvorräte und Außerbilanzvorräte) (16) eingeführt, die inhaltlich beide Begriffe umfassen<sup>7)</sup>.

<sup>6)</sup> s. HOOVER (15) a. a. O. S. 34.

<sup>7)</sup> Die entsprechenden Punkte des § 4 der deutschen Vorratsklassifikation lauten:

„1. Bilanzvorräte sind solche Lagerstättenvorräte, die durch geologische Erkundungsarbeiten festgestellt wurden und den industriellen Anforderungen für Abbau und Verarbeitung entsprechen.“ (Forts. auf S. 86)



Die Industrie stellt in jedem Falle nur eine Frage: ist der vorhandene Vorrat derzeit mit Vorteil zu gewinnen und zu verarbeiten. Jeder technische Vorschlag für den Abbau oder allgemeiner für die Gewinnung wird wirtschaftlich durchgerechnet, und nur das Ergebnis dieser Berechnung entscheidet über das Schicksal des Vorrats und seine Klassifizierung als bauwürdig oder nichtbauwürdig.

Doch vielleicht ist es wichtig, der Industrie für jeden Außerbilanzvorrat zu sagen, bei Erfüllung welcher Bedingungen er sich in einen Bilanzvorrat verwandelt? Sicher. Doch dabei handelt es sich nicht nur um die Gewinnbarkeit im engen Sinne, sondern um alle Faktoren, welche einer Nutzung im Wege stehen. Wenn es für einen Industriezweig wichtig sein sollte, Unterlagen darüber zu erhalten, welche Vorratsmengen bei Durchführung einer *einzigsten* Maßnahme (z. B. Vergrößerung der maximalen Abbauteufe um 100 oder 200 Meter oder Verarbeitung eines um 1% verringerten Durchschnittsgehaltes) bilanzfähig werden, so lassen sich Spezialerhebungen selten vermeiden. Sie sind einfach durchzuführen, wenn bei den Lagerstätten bedingte Außerbilanzvorräte ausgeschieden wurden<sup>8</sup>). Sie können jedoch kaum für alle auftauchenden technischen Fragestellungen vorausgesehen und in der Vorratsberechnung berücksichtigt werden. Und wenn *ein* Gesichtspunkt für einen Rohstoff besondere Bedeutung haben sollte (wie z. B. die Teufe im Steinkohlenbergbau), ist dessen dominierende Bedeutung für andere Rohstoffe zumindest zweifelhaft. Die erste Schlußfolgerung, die sich aus den bisherigen Betrachtungen ergibt, lautet daher: *für die Bauwürdigkeit eines Lagerstättenvorrats sind sowohl technische als auch wirtschaftliche Faktoren maßgebend; eine künstliche Trennung beider ist unzweckmäßig.\*)*

### 3. Eignung und Zweckmäßigkeit einer wirtschaftlichen Nutzung von Lagerstättenvorräten

Bei einer theoretischen Untersuchung des Begriffes der Bauwürdigkeit muß ferner unterschieden werden zwischen der *Eignung* für einen wirtschaftlichen Abbau und der *Zweckmäßigkeit*, den Abbau (heute oder in Zukunft) auch tatsächlich durchzuführen. Hierbei verstehen wir — wie an anderer Stelle dargelegt wurde (17, S. 139) — unter der Eignung lediglich die Summe der Lagerstätteigenschaften und nicht die technischen Voraussetzungen eines Abbaus. Selbstverständlich kann eine neuentdeckte und erkundete Lagerstätte durchaus die Möglichkeit eines wirtschaftlich vorteilhaften Abbaus bieten, obwohl die

technischen Voraussetzungen (z. B. Grubengebäude usw.) nach Abschluß der geologischen Erkundung noch fehlen<sup>9</sup>). Bei einer Bewertung der Vorräte durch den Geologen kann es sich nur um ein Urteil über diese Möglichkeit handeln.

Doch ist es dem Geologen bei seiner Entscheidung gestattet, sich tatsächlich nur auf die geologischen Möglichkeiten der Lagerstätte, ihre Eignung für eine industrielle Nutzung zu beschränken? Uns scheint, daß er gar keine andere Wahl hat<sup>10</sup>). Die Eignung für eine Nutzung der Lagerstätte läßt sich in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle unmittelbar nach Abschluß der geologischen Erkundung durch den Geologen feststellen. Die Zweckmäßigkeit jedoch, diese Möglichkeit tatsächlich heute oder in absehbarer Zukunft zu realisieren, hängt von so vielen, vom Geologen gar nicht zu übersehenden Dingen ab, daß zu einer solchen Entscheidung die Zusammenarbeit des Geologen, Bergmanns, Aufbereiters, Hüttenmannes, Wirtschaftlers usw. notwendig wird. Und schließlich hängt sie von der Zustimmung ab — bei uns der Staatlichen Plankommission bzw. der Regierung, im Westen unserer Heimat der großen Kapitalgesellschaften —, tatsächlich auch Mittel für die notwendigen Investitionen zur Verfügung zu stellen. Es wäre vermessen, wenn der Geologe die Entscheidung dieser Frage übernehmen wollte. Und der Geologe wäre überfordert, wenn man ihm die Verantwortung für diese Entscheidung aufbürden wollte.

Diese anscheinend so selbstverständliche Sachlage wurde dadurch undurchsichtig und verworren<sup>11</sup>), weil die Aufgabe des alten Gutachters gerade in Ratschlägen dieser besonderen Art bestand. Der Kapitalist erwartete von ihm eine Antwort auf die Frage, ob er sein Geld mit Aussicht auf Erfolg, d. h. einem bestimmten Profit, in einem gegebenen bergmännischen Objekt anlegen kann oder nicht<sup>12</sup>).

Die zweite allgemeine Schlußfolgerung lautet somit: *die Bewertung der Bauwürdigkeit eines Lagerstättenvorrates durch den Geologen erfolgt nur unter dem Gesichtspunkt der geologisch-technisch-wirtschaftlichen Möglichkeiten, welche die Lagerstätte bietet. Die Zweckmäßigkeit, einen Abbau tatsächlich zu organisieren, entzieht sich seiner Beurteilung; er ist für eine solche Entscheidung nicht kompetent.*

### 4. HERBERT HOOVERs Grundsätze zur Bewertung einer Lagerstätte

Vor fast 50 Jahren legte HERBERT C. HOOVER in seinen „Principles of Mining“ (15) in klassischer Form jene Grundsätze dar, welche bei der ökonomischen Bewertung eines Bergwerks unter kapitalistischen Produktionsverhältnissen ausschlaggebende Bedeutung haben. HOOVERs Arbeit wird auch heute noch oft zitiert, so daß es zweckmäßig

2. Außerbilanzvorräte sind solche festgestellten Lagerstättenvorräte, die den Bedingungen des § 4, Punkt 1, nicht entsprechen, jedoch als Objekt einer zukünftigen industriellen Nutzung betrachtet werden können, das heißt,

- a) deren Mächtigkeiten und durch ausreichende Bemusterung errechnete Gehalte, schädliche Beimengungen usw. den industriellen Anforderungen nicht entsprechen;
- b) deren Technologie der Gewinnung, Aufbereitung, Verhüttung oder sonstiger Verarbeitung noch nicht bekannt sind“ (a. a. O. S. 448).

Die Einschränkung „jedoch als Objekt einer zukünftigen industriellen Nutzung betrachtet werden können“ ist in dieser Bestimmung notwendig, um Mineralkonzentrationen, die noch als minderwertige Erze, Mineralrohstoffe usw. betrachtet werden können, von wirtschaftlich bedeutungslosen Konzentrationen zu unterscheiden.

<sup>8</sup>) s. hierzu: 17, S. 3.

<sup>9</sup>) Anmerkung der Red.: „Der Begriff Bauwürdigkeit ist hiernach geologisch, rohstofflich, räumlich, technisch und wirtschaftlich bedingt.“ Der deutsche Steinkohlenbergbau, Bd. 2, Verl. Glückauf, Essen 1956, S. 293.

<sup>9</sup>) Wenn die Bauwürdigkeit eines Vorrates nicht von der Errichtung der Betriebsanlagen (einschl. Aufbereitung, wenn sie benötigt wird) abhängig gemacht werden kann, so auch nicht von technischen Einrichtungen, die sich später bei der Realisierung der geologischen Möglichkeit notwendig machen (z. B. Bau von Eisenbahnen, Straßen, Kanälen, Häfen, Docks, Lager- und Stapelplätzen usw.).

<sup>10</sup>) Das schließt keineswegs aus, daß vom Geologen im Abschlußbericht auch die Mitteilung solcher Faktoren verlangt wird, welche zur Beurteilung der *Zweckmäßigkeit* einer Nutzung wichtig sind (Lage, Verbindungswege, Arbeitskräfte usw.).

<sup>11</sup>) Unklarheiten, die ihren Ursprung in dieser Situation haben, machten sich auch in der Diskussion bemerkbar, die bei uns vor der Annahme der neuen Vorratsklassifikation in breitem Rahmen geführt wurde (s. 14).

<sup>12</sup>) HERBERT C. HOOVER schrieb sein Buch „Principles of Mining“ (15) für solche Gutachter.



erscheint, seine Hauptthesen, die zu unserem Thema und allgemein zu Lagerstätten Beziehung haben, kurz zu resümieren:

Das Ziel der Bewertung ist nach HOOVER die Bestimmung des zu erwartenden Profits<sup>13)</sup>. Er ergibt sich aus dem Wert des gewonnenen Metalls vermindert um die Produktionskosten (S. 38). Die Produktionskosten schließen die Ausgaben für die Entfaltung der Arbeiten, den Abbau, die Verarbeitung und die Verwaltung ein (S. 38). Das Bearbeitungsverfahren muß für ein Erz bekannt sein, bevor die Erzlagerstätte bewertet werden kann, denn der gewinnbare Metallanteil ist für die Beurteilung ebenso wichtig, wie der Bruttogehalt im Erz selbst (S. 34). Praktisch könnte heute jedes beliebige Erz verarbeitet und der ganze Metallgehalt gewonnen werden. Die Aufgabe besteht darin, die Methode und den Ausbringanteil zu nennen, bei welchem das einträglichste Resultat erzielt wird (S. 34).

Die Entscheidung, ob ein 99%iges Ausbringen angestrebt werden soll, oder nur ein 70%iges, hängt davon ab, ob die Gewinnung dieser 29 % nicht teurer kommt als der Erlös für die so gewonnene Metallmenge (S. 34). Bei den Kalkulationen und Gutachten ist davon auszugehen, daß „jede Tonne Erz ihren Beitrag sowohl zum Ersatz der Investmittel als auch für den Profit leisten muß“ (S. 39). Die Gesamtsumme dieser Beiträge setzt sich aus der Amortisation des Kapitals und den landesüblichen Zinsen für das Kapital zusammen (S. 42). Allerdings hält HOOVER den Zinssatz für Bergunternehmen — wegen des Risikos — für erhöhungsbedürftig, und zwar um 75 % des üblichen Zinssatzes als „absolutes Minimum“ (S. 43). HOOVER gibt für verschiedene Gruben — entsprechend ihren Perspektiven und den gebotenen Sicherheiten — unterschiedliche Verhaltensmaßregeln (S. 43), auf die hier nicht eingegangen zu werden braucht.

Zu erwartende Preisschwankungen des Metalls empfiehlt HOOVER zu berücksichtigen und ihnen dadurch zu begegnen, daß — nachdem er den Tiefst- und Normalpreis des Metalls definierte — der Metallpreis in den Kalkulationen zwischen beiden angenommen wird, denn „zwischen ihnen liegt die Sicherheit“. Übrigens rechnete HOOVER für längere Sicht auf Grund seiner Marktuntersuchungen mit steigenden Preisen, besonders für Blei (S. 36 und 37).

Seine Untersuchungen über den Kapitalrücklauf und die Zinssätze ergeben das paradoxe Resultat, daß eine Grube durch die Erhöhung der Förderrate ihren Wert erhöhen kann! (S. 49/50). Uns ist verständlich, daß eine Erhöhung der Förderquote die Selbstkosten senken und damit höheren Profit bringen kann (S. 154/155), obwohl die eventuell benötigten erhöhten Investitionen den erhofften Gewinn schmälern können. HOOVER formulierte warnend: „Es ist sinnlos, einen Dollar zu investieren, um alles in allem 90 Cents zu retten“ (S. 156).

Abschließend sei festgestellt, daß diese vor rund 50 Jahren aufgestellten Grundsätze für die USA und die anderen Länder mit kapitalistischer Produktionsweise heute nach wie vor gültig sind. Für die Bewertung von Lagerstätten sind dort keine prinzipiell neuen Gesichtspunkte entwickelt worden.

Für den deutschen Geologen und Lagerstättenkundler ist der Standpunkt unserer amerikanischen Kollegen wenig befriedigend. Jeder von uns hat zu seiner Arbeit und seinen Arbeitsobjekten u. a. auch eine berufsethische Beziehung. Jeder Geologe möchte, daß die von ihm entdeckten oder erforschten Lagerstätten nicht zum Vorteil eines Einzelnen oder Einzelner genutzt werden, sondern — da es um sich nicht erneuernde Naturreichtümer geht — daß sie zum Nutzen der ganzen Gesellschaft rationell abgebaut werden; daß mit ihnen pfleglich umgegangen wird und nicht der Vorteil des Tages — nüchtern und objektiv betrachtet — zu Vergeudung und Raubbau verleitet.

Für eine solche Lagerstättenpflege ist mit dem Übergang der Bodenschätze in den Besitz des Volkes eine wichtige Voraussetzung geschaffen worden.

Es ergibt sich eine dritte Schlußfolgerung: *oberster Gesichtspunkt bei der Bewertung einer Lagerstätte hinsichtlich ihrer Bauwürdigkeit kann nicht die Höhe des zu erwartenden Profits, sondern muß die rationellste Nutzung des vorhandenen Naturreichtums im Interesse der Gesellschaft sein.*

## 5. Einige Begriffe und allgemeine Formulierung des Problems

Die Lagerstätte nimmt unter den sachlichen Elementen einer fördernden Grube eine besondere Stellung ein. Die betriebliche Organisation, die technische Einrichtung usw. können beliebig geändert und den Bedürfnissen der modernen Wirtschaft angepaßt, die Lagerstätte in ihrer objektiven Gegebenheit kann dagegen nicht verändert werden. Die Lagerstättensubstanz ist naturgegeben, ist ein „Ding an sich“. Der Nutzungsgrad dieser Substanz, die Verwandlung dieses „Ding an sich“ in ein „Ding für uns“ ist im Laufe der Zeit nicht unveränderlich (Lagerstätten werden im allgemeinen heute viel intensiver genutzt als früher). Die Lagerstätte unterscheidet sich von allen anderen sachlichen Elementen der bergmännischen Produktion noch dadurch, daß es das einzige Element ist, für das — von der geologischen Erkundung hier zunächst abgesehen — noch keine menschliche Arbeit verausgabt wurde. Die Wirtschaftswissenschaftler bezeichnen sie als Arbeitsgegenstand. Nach Aufwendung menschlicher Arbeit — Aufschluß der Lagerstätte und Gewinnung ihrer Substanz — verwandelt sich die Lagerstättensubstanz in Rohstoff<sup>14)</sup>.

Die Aufgabe besteht somit darin, den Aufwand menschlicher Arbeit zu bestimmen, der zu einem gegebenen Zeitpunkt bei einer bestimmten Entwicklung der Produktion von der Gesellschaft für eine bestimmte Rohstoff-Einheit aufgewendet werden darf; gleichzeitig ist zu klären, wie und wodurch die Größe dieses Arbeitsaufwandes bestimmt wird. Und schließlich ist die früher getroffene Schlußfolgerung zu beachten, nach der die Lagerstätte auf möglichst rationelle Weise zu nutzen ist.

Bei gegebenen geologischen Verhältnissen erfolgt die Abgrenzung der Bilanz- von den Außerbilanzvorräten hauptsächlich nach zwei Parametern: Mächtigkeit und

<sup>13)</sup> DONALD H. MCLAUGHLIN formulierte (18) ähnlich:

„Der Wert eines Bergwerks hängt allein vom Profit ab, den es abwirft! (The value of a mine depends solely on the profit, that can be made from it.)“ (S. 59).

<sup>14)</sup> „Alle Dinge, welche die Arbeit nur von ihrem unmittelbaren Zusammenhang mit dem Erdganzen löst, sind von Natur vorgefundene Arbeitsgegenstände. So der Fisch, der von seinem Lebenselement, dem Wasser, getrennt, gefangen wird, das Holz, das im Urwald gefällt, das Erz, das aus seiner Ader losgebrochen wird. Ist der Arbeitsgegenstand dagegen selbst schon sozusagen durch frühere Arbeit filtrierte, so nennen wir ihn Rohmaterial. Z. B. das bereits losgebrochene Erz, das nun ausgewaschen wird“ (19, S. 186).



Gehalt, die zuweilen auch als Meterprozent vereinigt werden. Bei Vorratsberechnungen ist zu unterscheiden zwischen dem *industriellen Minimalgehalt*, d. h. dem geringsten wirtschaftlich noch tragbaren Durchschnittsgehalt des Förderproduktes (oder auch Aufgabegutes an die Aufbereitungsanlage) und dem *geologischen Schwellengehalt* (20), d. h. dem niedrigsten Gehalt in einer anstehenden Erzpartie der Bilanzvorräte.

In der Praxis muß also unterschieden werden zwischen folgenden drei — sich auf den Gehalt beziehenden — Begriffen:

- a) Der *tatsächliche Durchschnittsgehalt* des an die Aufbereitung gelieferten Aufgabeerzes bzw. der tatsächliche Durchschnittsgehalt der Lagerstätte oder ihres Teiles (berechnet nach den vorliegenden Erkundungsergebnissen für einen bestimmten Umriß der Lagerstätte); der tatsächliche Durchschnittsgehalt darf nicht niedriger sein als der industrielle Minimalgehalt.
- b) Der *industrielle Minimalgehalt* ist die unterste Grenze für den Durchschnitt des an die Aufbereitung gelieferten Erzes. Unter dieser von der Industrie gesetzten Grenze einer Tages-, Schicht- oder Monats-Förderung ist eine wirtschaftliche Verarbeitung des Erzes zur Zeit unmöglich. Der industrielle Minimalgehalt ist in der Regel höher als der geologische Schwellengehalt.
- c) Der *geologische Schwellengehalt* ist die vom Geologen für jeden Vorratsblock, Lagerstättenteil oder die ganze Lagerstätte festgelegte Gehaltsgrenze, welche die abzubauenden Vorräte (Bilanzvorräte) von den nicht abbauwürdigen (Außerbilanzvorräten) abscheidet. Der geologische Schwellengehalt kann in Einzelfällen mit dem industriellen Minimalgehalt zusammenfallen, liegt jedoch meist niedriger. Der Gehaltsunterschied beider ergibt sich aus der Möglichkeit, hochwertige Erzpartien durch minderwertige bis zum industriellen Minimalgehalt zu verschneiden.

Die Bauwürdigkeit hat lediglich zum industriellen Minimalgehalt und zum geologischen Schwellengehalt Beziehungen. Das Problem und seine Lösung würden sich vereinfachen, wenn beide Begriffe zu einem vereinigt werden könnten. Das ist leider nicht möglich.

Die Industrie formuliert ihre Mindestansprüche und fordert einen Rohstoff mit möglichst gleichbleibenden Eigenschaften. Dabei ist es für die Hütte gleichgültig, ob die geforderte Metallkonzentration in der Natur vorgefunden oder durch technische Maßnahmen künstlich geschaffen wurde. Für die Aufbereitung ist es im hohen Maße gleichgültig, ob ihre Forderung nach einem bestimmten, möglichst konstanten Gehalt im Erz durch Abbau eines Erzes mit gleichmäßiger Metallführung erfüllt wird oder durch Mischung reicher und armer Erze.

Der industrielle Minimalgehalt ist unter dem Gesichtspunkt der Bauwürdigkeit einer Lagerstätte und ihrer Abgrenzung somit keine Größe, welche der Geologe *unmittelbar* zur Lagerstättenumgrenzung benutzen kann. Dazu muß er sich — ausgehend von dem industriellen Minimalgehalt und bei Berücksichtigung der Lagerstättenverhältnisse — für jeden Abbauabschnitt oder die Lagerstätte als Ganzes einen geologischen Grenzwert (Schwellengehalt) errechnen. Für den Geologen sind damit zwei Hauptgesichtspunkte bei der Lagerstättenumgrenzung maßgebend: die von der Industrie gesetzte Grenze für den Durchschnitt der Förderung (industrieller Minimal-

gehalt) und die maximale Nutzung der Lagerstätte, d. h. die Einbeziehung eines möglichst großen Teils der vorhandenen minderwertigen Erzvorräte.

Die folgenden Ausführungen zur unteren<sup>15)</sup> Bauwürdigkeitsgrenze beziehen sich — wenn nicht ausdrücklich anders bemerkt — auf den industriellen Minimalgehalt, d. h. den minimalen Gehaltsdurchschnitt einer bestimmten Erzmasse.

## 6. Die Bauwürdigkeit und die betrieblichen Selbstkosten

Im Mittelpunkt unserer wirtschaftlichen Praxis steht heute das Prinzip der Rentabilität. Es liegt nahe, diesen Grundsatz auch auf den Abbau von Lagerstätten auszuweiten. Gewöhnlich wird bei solchen Überlegungen der Abgabepreis (Werkpreis) des Metalls und anderer wertvoller Komponenten den Selbstkosten gegenübergestellt. Da der Abgabepreis in der sozialistischen Industrie aus den Selbstkosten plus „Umsatzsteuer“ plus Reineinkommen des Betriebes besteht (die „Umsatzsteuer“ ihrerseits nichts anderes als ein Teil des betrieblichen Reineinkommens ist, der zentralisiert aufgebracht wird und dem Staate zufällt), läuft das Prinzip der Rentabilität einfach auf die Rückerstattung der Produktionskosten und die Schaffung eines betrieblichen Gewinns hinaus.

Der sehr wesentliche Unterschied zwischen kapitalistischen Kostpreisen (21) und den Selbstkosten der sozialistischen Industrie bleibe hier unbeachtet, da wir die Nichtanwendbarkeit des Prinzips der Rentabilität für die Bauwürdigkeitsbestimmung nachweisen wollen.

Zunächst sei auf einen spontan entstehenden Vorschlag hingewiesen: kann als unterste Bauwürdigkeitsgrenze nicht jener Gehalt<sup>16)</sup> genommen werden, bei dem nur die Selbstkosten gedeckt, jedoch kein Gewinn erzielt wird? So schrieb z. B. K. L. POSHARIZKIJ 1947 (22):

„Als Erz mit industriellem Minimalgehalt ist ein solches Erz anzuerkennen, bei dessen Abbau und richtig bestimmtem Metallpreis zwar kein Gewinn erzielt wird, jedoch die Ausgaben zurückerhalten werden, welche unmittelbar beim Abbau und der Verarbeitung entstehen.“

Als Hauptargument gegen eine solche Bestimmung der unteren Bauwürdigkeitsgrenze ist von sowjetischen Fachleuten darauf hingewiesen worden, daß diese Methode u. a. zur Unrentabilität des Betriebes, ja eines ganzen Industriezweiges führen kann.

Es leuchtet außerdem ein, daß die geringsten Selbstkosten für eine Tonne Metall dann entstehen, wenn der industrielle Minimalgehalt so hoch wie nur praktisch möglich gehalten wird. Allerdings würde eine solche

<sup>15)</sup> Der Begriff „unterste“ oder „untere Bauwürdigkeitsgrenze“ hat allgemein-theoretisch gesehen wenig Sinn. Er wird sinnvoller, wenn von den konkreten Lagerstättenverhältnissen in der DDR und unserer bergmännischen Praxis ausgegangen wird. Bei uns dürfte sich im Interesse eines sachgemäßen und das Volksinteresse beachtenden Abbaus auch die Festsetzung einer „oberen“ Grenze für den Durchschnittsgehalt der Förderung als zweckmäßig erweisen. Durch ihre Festlegung dürfte es den Hauptverwaltungen möglich sein, „selektiven Abbau“ — eine genehme Bezeichnung für das unangenehm klingende „Raubbau“ — dann zu verhindern, wenn einzelne Betriebe ohne Rücksicht auf das Allgemeininteresse nach „Übergewinn“ streben.

<sup>16)</sup> Die Bauwürdigkeit wird selbstverständlich nicht nur durch den minimalen Gehalt einer oder mehrerer Komponenten im Rohstoff bestimmt. Dieser einzelne Faktor tritt in unseren Darlegungen der Einfachheit halber auch den Maximalgehalt an schädlichen Komponenten, die Abbaumächtigkeit und andere. Eine solche Vereinfachung ist nicht nur zulässig, sondern zur größeren Klarheit der Darlegung sogar notwendig. Gewisse Eigenheiten der anderen Faktoren — z. B. der Mindestmächtigkeit — verlangen lediglich die Berücksichtigung ihrer spezifischen Einflußnahme auf die Bauwürdigkeit.



Maßnahme zur Verringerung der Bilanzvorräte und dem Anwachsen der Außerbilanzvorräte führen, damit die Kapazität und die Lebensdauer einer bestimmten Grube beeinflussen, was sich indirekt in einer Erhöhung der Selbstkosten auswirken könnte. Doch wichtiger als diese gegensätzlichen Tendenzen sind jene Rohstoffverluste, die durch die Verwandlung ehemaliger Bilanzvorräte in außer der Bilanz stehende Vorräte entstehen würden.

Dabei sind verschiedene Situationen denkbar.

1. Die so gebildeten Außerbilanzvorräte können in Zukunft nötigenfalls noch gewonnen werden, wobei sich die Abbaukosten durch ihren getrennten Abbau nicht erhöhen.
2. Der Abbau solcher Vorräte (wie unter 1) ist in Zukunft zwar möglich, doch ihre getrennte Gewinnung ist teurer als ihr gemeinsamer Abbau mit den heutigen Bilanzvorräten.
3. Die Außerbilanzvorräte sind nach Abbau der Bilanzvorräte unwiederbringlich auf Grund der Abbaufolgen verloren.

Augenscheinlich ruft der erste Fall weder volkswirtschaftlichen Schaden hervor, noch wirkt er sich auf die Lagerstättenausnutzung aus. Hier ist es allein eine Frage der volkswirtschaftlichen Zweckmäßigkeit, in welchem Ausmaße die Lagerstätte heute abgebaut wird.

Im zweiten Fall müssen die zukünftigen Mehrausgaben den heutigen Vorteilen gegenübergestellt werden, um eine volkswirtschaftlich richtige Entscheidung treffen zu können.

Der letzte Fall verdient unsere besondere Aufmerksamkeit, da er unmittelbar die Forderung des Geologen nach rationaler Nutzung der Lagerstätten berührt<sup>17)</sup>.

Der Geologe erwartet keineswegs, daß jedes Gramm des in der Lagerstätte vorhandenen Metalls unbedingt gewonnen wird. Er verlangt nicht, daß mit Kanonen nach Spatzen geschossen wird. Worauf er besteht — und mit vollem Recht —, das ist die Vermeidung jeder Vergeudung unserer Bodenschätze. Das Bauwürdigkeitsproblem wird in diesem Zusammenhang zur Frage, auf welche Vorräte — vom Standpunkt der Rentabilität und bei rationaler Lagerstättennutzung — verzichtet werden kann. Welche Lagerstättenverluste sind als berechtigt hinzunehmen?

1. Einige sowjetische Autoren schlagen vor, den Verzicht auf minderwertige Sorten eines vorhandenen Lagerstättenvorrats von der Möglichkeit ihrer volkswirtschaftlichen Ersetzung abhängig zu machen (23). Nach diesen Autoren hängt die Zulässigkeit des Verzichts auf die Gewinnung schlechter Sorten von der Möglichkeit ab, dafür im Lande bessere bzw. wirtschaftlich günstigere Rohstoffe zu finden.

Wenn eine Hütte auf der Rohstoffbasis einer Lagerstätte A errichtet wurde, so kann — nach diesen Autoren — die untere Abbaugrenze der Lagerstätte A durch die Verhältnisse einer benachbarten oder entfernt liegenden Grube B bestimmt werden, z. B. dadurch, daß niedrigere Selbstkosten plus Transportkosten zur Hütte bei der Lagerstätte A die untere Bauwürdigkeitsgrenze der Lagerstätte A festlegen.

Uns scheint, daß dieser Entscheidung nicht ohne weiteres zugestimmt werden kann, da sie der Grundforderung — rationelle und komplexe Nutzung der Lagerstätten — widerspricht.

2. Prof. J. P. PROKOPJEW (24) schlug im Jahre 1947 zur Bestimmung des industriellen Minimalgehaltes folgende Formel vor:

$$G = \frac{(S_f + S_a) G_p}{A_a A_m (kP\% G_p - S_m)}$$

wobei

- G — Minimalgehalt des Erzes in %
- $S_f$  — Selbstkosten der Förderung pro Tonne
- $S_a$  — Selbstkosten der Aufbereitung pro Tonne
- $G_p$  — Metallgehalt im Konzentrat in Prozenten
- $A_a$  — Metallausbringen in der Aufbereitung
- $A_m$  — Metallgewinnung bei der Verhüttung
- k — Koeffizient, der die Verdünnung des Erzes berücksichtigt
- P% — Abgabepreis des in einer Tonne enthaltenen Metallprozent
- $S_m$  — Selbstkosten der Verhüttung pro Tonne Metall.

Diese Formel zur Bestimmung des Minimalgehaltes im Erz ist natürlich nur dann brauchbar, wenn die Faktoren auf der rechten Seite der Formel vom industriellen Minimalgehalt, von G, unabhängig sind. Es steht jedoch fest, daß sich die Erzgehalte unmittelbar auf die Kosten der Erzverarbeitung auswirken: bei geringeren Gehalten muß eine bedeutend größere Menge Erz in der Aufbereitung durchgesetzt werden, um die gleiche Metallmenge im Konzentrat zu ergeben. Eine Verarmung des Aufgabenerzes kann außerdem eine Senkung des Ausbringens der Aufbereitung hervorrufen. Die zwangsläufige Erhöhung der Selbstkosten muß sich auf den Abgabepreis des Endproduktes auswirken. Unter besonderen Umständen kann eine Senkung des Minimalgehaltes auch die Verhüttungskosten beeinflussen. In der genannten Formel wird zudem vorausgesetzt, daß sich der Metallpreis unabhängig vom Minimalgehalt durchsetzt, was für die sozialistische Wirtschaft keineswegs zutrifft.

Aus diesen Hinweisen geht hervor, daß die anscheinend so eindeutige Formel Prof. PROKOPJEWs für die Bestimmung der unteren Bauwürdigkeitsgrenze untauglich ist. Diese negativen Eigenschaften der besprochenen Formel besitzen ebenfalls andere vorgeschlagene, ähnliche Formeln.

Auf diese Mängel und Widersprüche ist auch von sowjetischen Autoren (23) wiederholt hingewiesen worden. Und obwohl der Gedanke der Rentabilität im Vordergrund der sowjetischen Betrachtungen steht, werden diese Formeln in der Praxis meist nicht angewandt. Das ist keineswegs zufällig.

Die Anwendung des Prinzips der Rentabilität zur Bestimmung der unteren Bauwürdigkeitsgrenze ist vor allem deshalb unzulänglich, weil dabei im Grunde von kapitalistischen Vorstellungen ausgegangen wird und die Rentabilität aus den Daten eines isoliert betrachteten Unternehmens bestimmt wird. Das würde in der plangeleiteten Wirtschaft schwerwiegende Folgen nach sich ziehen. Es könnte z. B. dazu führen, daß — bei verschiedenen großen Selbstkosten — der Abgabepreis für jeden Betrieb verschieden wäre, daß die „örtliche“ Bauwürdigkeitsgrenze durch die individuelle technische Rückständigkeit eines Betriebes bestimmt werden würde usw. Jeder ökonomische

<sup>17)</sup> Alle folgenden Betrachtungen beziehen sich nur auf Lagerstättenvorräte des dritten Typs.



mische Ansporn zur Beseitigung dieser technischen Rückständigkeit würde fehlen und hohe Selbstkosten ebenso sanktioniert werden wie eine unrationelle Nutzung der Lagerstätten.

Daraus ergibt sich als vierte Schlußfolgerung, daß die untere Bauwürdigkeitsgrenze einer Lagerstätte nicht aus den Selbstkosten eines isoliert betrachteten Betriebes bestimmt werden kann, daß die Rohstoffversorgung und die technische Entwicklung des ganzen Industriezweiges berücksichtigt werden muß (2).

## 7. Die Bauwürdigkeitsgrenze bei zentral festgelegten Abgabepreisen

Die Erkenntnis, daß die Bauwürdigkeitsgrenze nur aus der Lage im gesamten Industriezweig bestimmt werden kann, gibt noch keine Hinweise dafür, wie das geschehen muß. Das Bauwürdigkeitsproblem ist damit lediglich in den richtigen Zuständigkeitsbereich verwiesen worden. Kein Wunder daher, daß die widersprechendsten Vorschläge zur Festlegung der Bauwürdigkeitsgrenze bei zentral festgelegten Abgabepreisen gemacht wurden.

1. In ökonomischer Hinsicht hat der Bergbau Berührungspunkte mit der Landwirtschaft. Das Volumen der Lagerstätten ist ebenso beschränkt wie die Flächen der Ländereien. Menschenkraft ist nicht in der Lage, ihre vorhandenen Ausmaße zu vergrößern; durch menschliche Arbeit können nur neue Lagerstätten entdeckt und dem zur Verfügung stehenden Gesamtfonds an Lagerstättenvorräten zugeschlagen werden. Aus dieser Tatsache ergeben sich unter kapitalistischen Verhältnissen

a) die Monopolisierbarkeit der Lagerstättenvorräte, d. h. das Privateigentum an Grund und Boden, sowie

b) eine von der übrigen Industrie abweichende Form der Preisbildung.

Da die Erzeugnisse der bessergestellten Ländereien und Bergwerke nicht ausreichen, um den Bedarf zu decken, entsteht der Produktionspreis der landwirtschaftlichen und bergmännischen Produkte nicht wie in der übrigen Volkswirtschaft auf Grund der durchschnittlichen Produktionsbedingungen. Hier entsteht der Produktionspreis (d. h. Kostpreis plus Durchschnittsprofit) auf Grund der ungünstigsten Produktionsbedingungen<sup>18)</sup>.

Zuweilen begegnet man der Vorstellung, als ob der Übergang der Bodenschätze in den Besitz des Volkes das Hauptproblem der Bauwürdigkeit gelöst hätte. Das ist ein Irrtum. Diese Maßnahme hat lediglich die absolute

<sup>18)</sup> „Die Rente in der extraktiven Industrie entsteht genauso wie die Grundrente in der Landwirtschaft. Bergwerke, Gruben und Erdölquellen unterscheiden sich nach dem Vorratsreichtum, nach der Tiefe der Lagerstätten und der Entfernung von den Absatzgebieten; in ihnen werden Kapitale ungleicher Größe angelegt. Infolgedessen unterscheidet sich der individuelle Produktionspreis jeder Tonne Erz, Kohle und Erdöl von dem allgemeinen Produktionspreis. Auf dem Markt aber wird jede dieser Waren zum allgemeinen Produktionspreis verkauft, der sich nach den ungünstigsten Produktionsbedingungen richtet. Der Surplusprofit, den infolgedessen die mittleren und besseren Bergwerke, Gruben und Erdölquellen abwerfen, bildet die Differentialrente, die der Grundeigentümer einsteckt.“

Außerdem verlangen die Grundeigentümer für jeden Boden eine absolute Rente, unabhängig davon, ob er viel oder wenig Bodenschätze enthält. Sie bildet den Überschuß des Wertes über den allgemeinen Produktionspreis. Dieser Überschuß rührt daher, daß in der extraktiven Industrie die organische Zusammensetzung des Kapitals niedriger ist als im Durchschnitt in der Industrie, weil die Mechanisierung relativ wenig entwickelt ist und Aufwendungen für Rohstoffe fortfallen. Die absolute Rente treibt die Preise für Erz, Kohle, Erdöl usw. in die Höhe.

Schließlich gibt es in der extraktiven Industrie eine Monopolverrente auf den Flächen, wo besonders seltene Bodenschätze gewonnen und zu Preisen verkauft werden, die die Förderungskosten übersteigen“ (25, S. 216).

Grundrente beseitigt, die sich aus dem Privatbesitz an Grund und Boden ergab. Doch es wäre falsch, wenn auch für die sozialistische Industrie der Schluß gezogen würde, daß die untere Bauwürdigkeitsgrenze einer Lagerstätte durch die Selbstkosten des unter ungünstigsten Bedingungen arbeitenden Bergwerks eines Industriezweiges bestimmt wird. Wenn man diesen Grundsatz für die Festlegung der Bauwürdigkeitsgrenze akzeptieren würde, hieße das, das gegenwärtige Niveau der Metallpreise stabilisieren. Es wäre kaum ein Ansporn zur Einbeziehung noch ungünstiger Lagerstätten in die Nutzung vorhanden. Und wenn das doch erfolgen sollte, würde das zu einer Erhöhung der Metallpreise auf Grund der noch ungünstigeren Bedingungen führen. Bei wachsendem Metallbedarf wäre die Versorgung der Wirtschaft in Frage gestellt, bzw. die Bedarfsdeckung nur bei sehr hohen Metallpreisen möglich.

2. In der sozialistischen Wirtschaft werden die Abgabepreise vom Staat festgelegt. Diese Abgabepreise bauen sich gewöhnlich auf die durchschnittlichen Selbstkosten<sup>19)</sup> des Industriezweiges auf. Sie sind also eine Widerspiegelung des technischen Standes der Industrie und der Fähigkeit, Metall aus Erzen bestimmter Qualitäten herzustellen.

Wenn die untere Bauwürdigkeitsgrenze lediglich auf Grund der durchschnittlichen Selbstkosten des Industriezweiges bestimmt würde, wäre ebenfalls kein immanenter Ansporn zu ihrer Senkung vorhanden. Eine solche Maßnahme könnte sich in der Praxis als Hemmschuh für den technisch-wissenschaftlichen Fortschritt und die Steigerung der Arbeitsproduktivität auswirken. Zudem wäre das keine einwandfreie Lösung des Problems. Denn wenn die festgesetzten Abgabepreise von hohen durchschnittlichen Selbstkosten ausgehen, können sie zum unbegründeten Abbau minderwertiger Erzsorten führen; wenn sie sich dagegen auf zu niedrige stützen, gehen bedeutende Lagerstättenvorräte der Volkswirtschaft verloren.

Im ersten Falle führt das zu materiellen Verlusten der Volkswirtschaft infolge ungerechtfertigt hoher Gewinnungskosten. Im zweiten Fall entstehen materielle Verluste an unwiederbringlich verlorenen Lagerstättenvorräten.

Daraus kann nur der — etwas überraschende — Schluß gezogen werden: *die untere Bauwürdigkeitsgrenze einer Lagerstätte kann nicht nur aus den Abgabepreisen bestimmt werden, selbst wenn diese von den durchschnittlichen Selbstkosten des Industriezweiges (mit oder ohne betrieblichen Gewinn) ausgehen.*

## 8. Sozialistische Grundsätze der Bauwürdigkeitsbestimmung

Bei der Lösung des Bauwürdigkeitsproblems muß unter unseren neuen Verhältnissen vom Grundgesetz des Sozialismus ausgegangen werden, das die Sicherung der maximalen Befriedigung der ständig wachsenden materiellen und kulturellen Bedürfnisse der gesamten Gesellschaft durch ununterbrochenes Wachstum und stetige Vervollkommen der sozialistischen Produktion auf der Basis der höchstentwickelten Technik vorsieht. (29). In der sozialistischen Wirtschaft geht es um die maximale Bedarfsdeckung bei sparsamster Verausgabung mensch-

<sup>19)</sup> In diesem Zusammenhang ist es angebracht, auf den Ministeratsbeschluß über die Grundsätze der Preispolitik in der DDR vom Februar 1953 (26) hinzuweisen.



licher Arbeit und nicht um Gewinn oder, wie im Kapitalismus, um Profit. „Das Kriterium der Rentabilität erweist sich als ungeeignet für die Regulierung des Wachstums der sozialistischen Berg- und Hüttenindustrie“, stellt D. M. RÜR (27) mit vollem Recht fest.

Regulierender Faktor des industriellen Wachstums ebenso wie der gesellschaftlichen Verausgabung menschlicher Arbeit ist bei uns das Gesetz der proportionalen Entwicklung der Volkswirtschaft. Der Metallbedarf bestimmt das Produktionsniveau der Berg- und Hüttenindustrie<sup>20)</sup> und beeinflusst damit entscheidend die Bewertung eines Erzes.

Bei der Beurteilung der Bauwürdigkeit einer bestimmten Lagerstätte — und darum geht es ja stets in der Praxis — wirken sich neben dem genannten gewichtigen Kriterium allgemeiner Art noch folgende Lagerstätteneigenschaften in ihrer konkreten Erscheinungsform aus:

1. Substanzmenge und Qualität des Erzes.
2. Bergtechnische Faktoren (Mächtigkeit, Lagerung, Teufenlage, Hydrogeologie u. a.).
3. Technologische Faktoren, d. h. das Ausbringen der nützlichen Komponenten.

Gewöhnlich modifizieren die Lagerstätteneigenschaften nur in größerem oder geringerem Maße die von der Industrie gesetzte untere Grenze<sup>21)</sup>. Seltener — z. B. bei sehr großen Vorräten mit von der Norm abweichenden Eigenschaften — paßt sich die Industrie unmittelbar diesen Eigenschaften an.

In der Erkundungspraxis wird eine Lagerstätte in der Regel nur danach beurteilt, ob sie einen Rohstoff bestimmter Qualität (z. B. ein Erz mit einem bestimmten Minimalgehalt) liefern kann.<sup>22)</sup>

Die Berechnung der erkundeten Lagerstättenvorräte erfolgt auf der Grundlage eines von der Industrie in Gemeinschaft mit der ZVK und der Staatlichen Plankommission festgesetzten fortschrittlichen Minimalgehaltes<sup>23)</sup>. Aus diesem Minimalgehalt, der nur ein Durchschnittsgehalt für das zu fördernde Erz sein kann, ergibt sich ein bestimmter geologischer Schwellengehalt, der unmittelbar die anfallende Erzmenge und die Gesamtmetallmenge der umgrenzten Vorräte bestimmt. Das setzt voraus, daß die geologischen Erkundungsarbeiten alle für die Projektierung des Bergbaues benötigten geologischen Unterlagen liefern. Neben den an anderer Stelle (17, S. 10—12) eingehender beschriebenen Unterlagen kommt dabei der räumlichen Verteilung der Vorräte in der Lagerstätte besondere Aufmerksamkeit zu. Die Erkundungsunterlagen

<sup>20)</sup> Der Einfachheit halber sehen wir hier vom Rohstoffimport ab.

<sup>21)</sup> Zur Vereinfachung unserer Untersuchungen sehen wir hier auch von so bedeutenden Modifikationen wie Tage- und Tiefbau ab.

<sup>22)</sup> Der technische Fortschritt in der Grundstoffindustrie arbeitet in zwei Richtungen: immer minderwertigere Rohstoffe wirtschaftlich zu verarbeiten und das Gesamtausbringen der nützlichen Komponenten bei vertretbarem Aufwand zu erhöhen. Dem Geologen gibt diese Entwicklung berechtigte Hoffnung, daß derzeitig unbauwürdige Lagerstätten in Zukunft bauwürdig werden. Daraus zieht er den Schluß, daß es verkehrt ist, wenn heute aus großen, im ganzen betrachtet unbauwürdigen Lagerstätten nur die „Rosinen“ abgebaut werden, die Lagerstätte als Ganzes damit entwertet und die Verwandlung der ganzen Lagerstätte in eine bauwürdige auf unabsehbare Zeit hinausgeschoben wird. Er vertritt in solchen Fällen den Standpunkt, daß es im Interesse einer rationellen Nutzung besser ist, die ganze Lagerstätte für einen zukünftigen Abbau aufzusparen, weil damit der Zeitpunkt einer möglichen Nutzung näherückt.

<sup>23)</sup> Richtiger: „fortschrittliche Konditionen“. Unter „fortschrittlich“ versteht der Verfasser Minimalgehalte, die ein hohes technisches Niveau und Berücksichtigung aller neuen Erkenntnisse der Wissenschaft voraussetzen. (Über ihre Festsetzung siehe weiter unten.)

müssen es den Projektierungsbüros ermöglichen, auch andere Lagerstättenumgrenzungen vorzunehmen, als vom Geologen vorgeschlagen wurden. Das kann sich z. B. auf Grund eingetretener Veränderungen in Technik und Wirtschaft (im Zeitraum zwischen Erkundung und Inangriffnahme des Abbaus) ergeben. Vor allem muß die Erz- und Metallmenge festgestellt werden, die bei einem anderen geologischen Schwellengehalt erfaßt wird bzw. verlorengeht.

Wenn mit der Bestimmung der Lagerstättenvorräte auf der Grundlage eines dem Geologen genannten industriellen Minimalgehaltes und eines von ihm selbst festgelegten geologischen Schwellengehaltes der Geologe seine Aufgabe in diesem Zusammenhang als erfüllt ansehen kann, bleibt hier noch darzulegen, wie der oben erwähnte „fortschrittliche Minimalgehalt“, d. h. die dem Geologen genannte untere Bauwürdigkeitsgrenze und weiter die endgültige Bauwürdigkeitsgrenze, für eine gegebene Lagerstätte bei Berücksichtigung aller Faktoren bestimmt wird.

## 9. Bestimmung der unteren Bauwürdigkeitsgrenze in der sozialistischen Wirtschaft

Obwohl die Erzeugnisse der Grundstoffindustrie in der DDR in bedeutendem Maße ihren Warencharakter verloren haben,<sup>24)</sup> ist er keineswegs völlig beseitigt. Die Rohstoffe werden auch in den Staatsbetrieben der DDR in Geld bewertet (was für die Rechnungslegung und die Kalkulation notwendig ist), behalten also die Warenform. Ein Teil dieser Erzeugnisse (z. B. Kohlen für den Hausbrand) wird unmittelbar konsumiert. Ein anderer bedeutender Teil (z. B. Kali) wird exportiert und andere Rohstoffe (Steinkohlen, Erz u. a.) werden eingeführt, d. h. sind ebenfalls Waren.

Als Waren der sozialistischen Industrie besitzen die Erzeugnisse der Grundstoffindustrie Gebrauchswert und Wert. Für den sozialistischen Staat haben beide Bedeutung. Der sozialistische Staat verlangt von seinen Betrieben die Produktion bestimmter Erzeugnisarten, d. h. bestimmter Gebrauchswerte, weil die Produktion unmittelbar der möglichst vollständigen Befriedigung der wachsenden Bedürfnisse der Gesellschaft dient. Zugleich plant der Staat seine Produktion auch wertmäßig. Die Wertgröße wird in der sozialistischen Industrie durch die Menge der aufgewandten gesellschaftlich notwendigen Arbeitszeit bestimmt.

Menschliche Arbeit<sup>25)</sup> ist die Substanz des Wertes, die gesellschaftlich notwendige Arbeitszeit<sup>26)</sup> — seine Größe (21, S. 77; 28, S. 1179). Die gesellschaftlich notwendige Zeit, die für die Produktion einer Ware aufgewandt wird, ist eine objektiv existierende Größe. Es ist die von den die Hauptmasse der Erzeugnisse herstellenden Betrieben aufgewandte durchschnittliche Arbeitszeit. Unter kapitalistischen Produktionsverhältnissen setzt sie sich über den Marktwert durch. Dieser reguliert Angebot und Nachfrage und ist das Zentrum, um das die Marktpreise schwanken.

<sup>24)</sup> Erz z. B. wird in der DDR nicht gehandelt, sondern von den planenden Organen des Staates auf die einzelnen Betriebe verteilt.

<sup>25)</sup> Genauer: abstrakt-menschliche Arbeit.

<sup>26)</sup> „Gesellschaftlich notwendige Arbeitszeit ist Arbeitszeit, erheischt, um irgendeinen Gebrauchswert mit den vorhandenen gesellschaftlich-normalen Produktionsbedingungen und dem gesellschaftlichen Durchschnittsgrad von Geschick und Intensität der Arbeit darzustellen“ (19, S. 43).



In der sozialistischen Wirtschaft legt der Staat Arbeits- und Materialverbrauchsnormen fest. Damit bestimmt er das Ausmaß der gesellschaftlich notwendigen Arbeitszeit, die für die Produktion einer Ware aufgewendet werden darf. Dieses Ausmaß findet seinen Ausdruck in unseren Abgabe- (Werk-) Preisen.

Den staatlichen Werkpreisen kommt somit bei der Bestimmung der Bauwürdigkeitsgrenze eine große Bedeutung zu. Das erfordert, daß ihre Festsetzung mit größter Gewissenhaftigkeit und Sorgfalt vorgenommen wird<sup>27)</sup>. Andererseits müssen sie labil genug sein, um die Veränderungen in Wirtschaft und Technik zu berücksichtigen.

Mit vollem Recht wurde bei uns darauf hingewiesen (28), daß der gesellschaftliche Wert (Marktwert) eines Erzeugnisses in unserer Preispolitik beachtet werden muß. Das heißt jedoch nicht, daß die Preise gleich den Marktwerten sein müssen, „denn die Preisfestsetzung ist ja eine wichtige Funktion unserer Wirtschaftspolitik, die nicht nur nach ökonomischen Gesichtspunkten erfolgt“ (28, S. 1177). Wenn wir in diesem Zusammenhang von solchen Faktoren wie nationale Zwangslage, Stimulierung der Wirtschaft in ungünstig gelegenen Bezirken oder sich neu entwickelnden Industriezweigen, Erhaltung bestehender Produktionsstätten und Bergbaubetriebe aus sozialen Erwägungen usw. absehen, ergibt sich als erstes bei der Bestimmung der unteren Bauwürdigkeitsgrenze die *Beachtung des gesellschaftlichen Wertes (Marktwertes) des lieferbaren Förderproduktes*.

Vom Standpunkt einer sparsamen Verausgabung der natürlichen Reichtümer des Volkes — der Lagerstätten — reicht dieser Gesichtspunkt jedoch nicht aus. Der sozialistische Staat geht daher — bei Lagerstätten des dritten Typs — in Einzelfällen bewußt dazu über, im Interesse einer möglichst vollständigen Nutzung der Lagerstätten heute sogar mehr menschliche Arbeit je Einheit der Förderung bzw. je Einheit des Endproduktes aufzuwenden, als nur bei Berücksichtigung des Marktwertes möglich wäre. Er produziert somit teurer als er heute produzieren könnte, nur um einen bestimmten, sonst verlorengehenden Inhalt der Lagerstätte nutzbar zu machen. Er verausgabt heute in Einzelfällen mehr gesellschaftliche Arbeit für diese Rohstoffe als andere, lagerstättenmäßig besser gestellte Länder.<sup>28)</sup>

Wodurch wird eine solche Handlungsweise gerechtfertigt? Erstens durch das Interesse an einer rationellen Nutzung der Lagerstätten. Zweitens durch die Voraussetzung, daß die gegenwärtige Mehrausgabe an gesellschaftlicher Arbeit sich in Zukunft durch Einsparung gesellschaftlicher Arbeit ausgleicht, weil Lagerstättenvorräte erhalten wurden, für deren Ersetzung in Zukunft auf dem Wege über die Rohstoffeinfuhr eine entsprechende Gegenleistung an gesellschaftlicher Arbeit gemacht werden müßte.

<sup>27)</sup> Es sei hier nur nebenbei bemerkt, daß bei der Festsetzung der Abgabepreise für die Erzeugnisse der Grundstoffindustrie noch oft gesündigt wird. Welch schädliche Folgen das für unsere Wirtschaft haben kann, zeigt das Beispiel des falsch festgesetzten Werkpreises für Selen. (Wir mußten jährlich 5—6 Tonnen zur Bedarfsdeckung aus dem Ausland einführen, obwohl wir zu günstigen Bedingungen den Bedarf aus eigenem Aufbringen hätten decken und außerdem eine beachtliche Menge Selen exportieren können).

<sup>28)</sup> Aus dieser Tatsache muß eine wichtige Schlußfolgerung gezogen werden: derartige Rohstoffe, d. h. solche, die bei uns mit überdurchschnittlicher Verausgabung gesellschaftlicher Arbeit gewonnen werden, sollten zweckmäßigerweise nur nach ihrer höchstmöglichen Sättigung mit weiterer menschlicher Arbeit (auf dem Wege ihrer industriellen Verarbeitung z. B. in der Maschinenproduktion) exportiert werden. Jeder andere Export könnte zu direkten Verlusten der Volkswirtschaft führen.

Selbstverständlich erfordert jede Entscheidung über eine solche anormale Senkung der Bauwürdigkeitsgrenze zum gegebenen Zeitpunkt sehr sorgfältige Untersuchungen und Überlegungen. In jedem Falle ist abzuwägen, ob der sozialistische Staat zum gegebenen Zeitpunkt eine solche Maßnahme zweckmäßigerweise nicht unterläßt und die zu verausgabende Arbeit — die zunächst nur volkswirtschaftliche Reserven schafft — lieber zur unmittelbaren Hebung des Lebensstandards der Bevölkerung verausgabt.

Dem sozialistischen Staat fällt somit die Aufgabe zu, sowohl die Abgabepreise der Erzeugnisse der Berg- und Hüttenindustrie festzusetzen, als auch die untere Bauwürdigkeitsgrenze.

In beiden Fällen geht er in der Regel von dem vorhandenen Zustand, der gegenwärtig notwendigen gesellschaftlichen Arbeitszeit aus (auf Grund der Erfahrungen der die Hauptmasse erzeugenden Betriebe) und berücksichtigt den erreichten technischen und wissenschaftlichen Fortschritt. Die aufgestellten Zeit- und Materialnormen müssen jedoch *unter* diesen Erfahrungswerten liegen, und können erst in einer bestimmten Planzeit in Zukunft erreicht werden. Diese Maßnahme ist notwendig, um den technischen Fortschritt in der industriellen Praxis zu stimulieren.

Nachdem die Bestimmung der unteren Bauwürdigkeitsgrenze aus den betrieblichen Selbstkosten abgelehnt und nachgewiesen wurde, daß weder die Selbstkosten des unter ungünstigsten Bedingungen produzierenden Betriebes des Industriezweiges noch die durchschnittlichen Selbstkosten aller Betriebe des Industriezweiges allein eine geeignete Grundlage für die Festlegung der unteren Bauwürdigkeitsgrenze sind, wird somit von uns *die staatliche Festlegung der unteren Bauwürdigkeitsgrenze in Form „fortschrittlicher Minimalgehalte“<sup>29)</sup> gefordert*. Die bewußte Unterschreitung dieser Minimalgehalte (d. h. der festgelegten Bauwürdigkeitsgrenze) ist bei Lagerstättenvorräten des dritten Typs im Interesse einer rationellen Nutzung der natürlichen Reichtümer des Landes in Einzelfällen notwendig.

Beide Forderungen können als Prinzip der Ökonomie gesellschaftlicher Arbeit formuliert werden. Es berücksichtigt sowohl die wichtige ökonomische Kategorie des Marktwertes als auch die Forderung der planmäßigen Nutzung unserer Lagerstätten. Die Anwendung dieses Grundsatzes auf eine gegebene Lagerstätte erfolgt durch die Bestimmung ihrer optimalen Nutzungsverhältnisse mit Hilfe der Methode der Varianten.

## 10. Die Methode der Varianten

Wenn die optimalen Produktionsbedingungen bei komplexer Nutzung der Lagerstätte gesucht werden, kann keine der vorgeschlagenen Formeln benutzt werden, weil sie nicht alle einflußnehmenden Faktoren berücksichtigen kann. Es müssen vielmehr mehrere produktionstechnische Varianten durchgerechnet werden, wobei jeder Variante eine solche Produktionskapazität zugrunde gelegt wird, die sich aus bestimmten Lagerstättensubstanzmengen ergibt. Die verschiedenen Substanzmengen entstehen bei der Lagerstättenumgrenzung nach verschiedenen geologischen Schwellengehalten.

<sup>29)</sup> Allgemeiner formuliert: „fortschrittlicher Konditionen“.



Die Methode der Varianten hat somit eine geologische und eine produktions-ökonomische Seite. Ausgehend vom aufgegebenen industriellen Minimalgehalt werden mehrere Varianten der Lagerstättenumgrenzung ausgearbeitet. Jeder Grenze liegt ein bestimmter geologischer Schwellengehalt zugrunde, bei dem verschiedene Lagerstättenvolumen und damit Lagerstättenvorräte und Metallmengen in die Abbaugrenzen einbezogen werden<sup>30)</sup>. Dann wird untersucht, wie sich die verschiedenen Abbaugrenzen auf die Produktion, Produktionskosten usw. auswirken.

Zur Erläuterung der Methode sei ein Beispiel beschrieben, das von D. M. RÜR (27) kürzlich veröffentlicht wurde.

Der minimale Metallgehalt im Erz einer Lagerstätte war nach einer der vorgeschlagenen Formeln mit 0,7 % errechnet<sup>31)</sup> worden, wobei für die Produktionskosten pro Tonne Erz 126 Rubel eingesetzt wurden (von einer analogen Grube übernommen), der Höchstabgabepreis des Metalls betrug 25000 Rubel, der Koeffizient für das Gesamtausbringen 0,72. Der tatsächliche Durchschnittsgehalt wurde durch Einbeziehung minderwertiger Sorten bis auf das Niveau des industriellen Minimalgehaltes von 0,7% gesenkt; ihm entsprach ein geologischer Schwellengehalt von 0,07%. Eine Untersuchung ergab, daß eine 15jährige Lebensdauer des Unternehmens ausreicht. (Aus ihr ergab sich die Jahresförderung, indem die jeweiligen Gesamtvorräte durch 15 dividiert wurden.) Alle charakteristischen Kennwerte wurden für 5 Varianten berechnet und in einer Tabelle einander gegenübergestellt. Dabei war für die Varianten der geologische Schwellengehalt (der automatisch den jeweiligen tatsächlichen Durchschnittsgehalt der Lagerstätte bestimmte) maßgebend, da es um die rationellste Ausnutzung der Lagerstätte ging.

Bei der Entscheidung auf Grund der tabellarischen Daten war, wie dargelegt, zu berücksichtigen:

1. die rationelle Nutzung der Lagerstätte,
2. der wachsende Bedarf der Wirtschaft an Metall,
3. die Tatsache, daß Lagerstättenvorräte nicht unbegrenzt vorhanden sind,
4. der rationelle Einsatz bzw. die Verausgabung gesellschaftlicher Arbeit.

Die Begrenztheit der Lagerstättenvorräte, die rationelle Nutzung der Lagerstätte und der wachsende Bedarf der Industrie verlangen die Planung einer möglichst großen Metallgewinnung und möglichst volle Nutzung der vorhandenen Vorräte. Der rationelle Einsatz gesellschaftlicher Arbeit zum gegenwärtigen Zeitpunkt fordert sparsamen Einsatz von Investmitteln (auch Investmittel sind nichts anderes als vergegenständlichte menschliche Arbeit)

<sup>30)</sup> Da der geologische Schwellengehalt sich unmittelbar auf den tatsächlichen Durchschnittsgehalt der Erzmenge innerhalb eines bestimmten Lagerstättenumrisses auswirkt, ergibt sich für jede Variante zugleich ein anderer tatsächlicher Durchschnittsgehalt für die Lagerstättenvorräte.

<sup>31)</sup> Es handelt sich um die von S. J. RATSCHKOWSKIJ vorgeschlagene Formel

$$G_m = \frac{P}{S \cdot K} \cdot 100$$

wobei

- $G_m$  — der industrielle Minimalgehalt an Metall im Erz in %;  
 $P$  — die Summe aller Produktionskosten für den Abbau und die Verarbeitung einer Tonne Erz in Rubel;  
 $S$  — die höchstzulässigen Selbstkosten einer Tonne Metall in Rubel;  
 $K$  — der Koeffizient für das Gesamtausbringen.

Also  $G_m = \frac{126 \cdot 100}{25\,000 \cdot 0,72} = 0,7\%.$

	Geologischer Schwellengehalt im Erz				
	0,07%	0,1%	0,2%	0,3%	0,5%
Tatsächlicher Durchschnittsgehalt im Erz .....	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2
Erzvorräte in Tausend Tonnen ...	6200	5400	4700	3600	2900
Metallvorräte in Tausend Tonnen .	43,4	43,2	42,3	36,0	34,8
Mögliche Förderkapazität der Grube in Tausend jato .....	413	360	318	240	193
Metall im Fördererz in jato .....	2890	2880	2860	2400	2316
Gesamtausbringen (vom Erz bis zum Metall) in % .....	72	74	76	78	80
Metallproduktion in jato .....	2080	2130	2174	1934	1853
In % zur 1. Variante .....	100	102	104	93	89
Produktionskosten einer Tonne Erz in Rubel (Abbau, Transport, Verarbeitung) .....	126	132	138	145	150
Gesamtproduktionskosten pro Jahr in Mill. Rubel .....	52	47,5	44,0	34,8	29,0
In % zur 1. Variante .....	100	89	81	72	62
Selbstkosten einer Tonne Metall in Tausend Rubel .....	25,0	22,3	20,2	18,0	15,6
Investitionen in Mill. Rubel .....	210	198	189	155	134
Investitionen pro jato Metall in Tausend Rubel .....	101	93	87	80	72
Produktionseinsparungen zur 1. Variante in Mill. Rubel pro Jahr ...	—	4,5	8,0	17,2	23,2
Investeinsparungen zur 1. Variante in Mill. Rubel .....	—	12	21	55	76

und macht sorgfältige Überlegungen darüber notwendig, welche Verausgabung menschlicher Arbeit auf minderwertige Sorten noch vertreten werden kann.

Bei Berücksichtigung aller Gesichtspunkte ergibt sich, daß zum gegenwärtigen Zeitpunkt die dritte Variante die volkswirtschaftlich günstigsten Perspektiven eröffnet. Die in den Vorräten berechnete Metallmenge liegt nur etwa 2,5% unter der 1. Variante, im geförderten Erz ist sie nur um 1% geringer und durch das verbesserte Gesamtausbringen übertrifft die jährliche Metallproduktion der dritten Variante sogar um 5% die der ersten. Obwohl die Investmittel beträchtlich höher sind als die für die fünfte Variante, ist diese Höhe begründet, da mit ihrer Hilfe nicht nur die rationelle Nutzung der Lagerstätte gewährleistet ist, sondern auch eine vorteilhafte Aufwendung menschlicher Arbeit für die Gewinnung (die errechneten Selbstkosten liegen bedeutend niedriger als der Abgabepreis).

Dieses Beispiel zeigt, daß die Berechnungen des Geologen nicht „bedeutungslos“ sind, obwohl schließlich nicht sie allein entscheiden. (Die Arbeit des Geologen ist die erste wichtige Etappe zur Bestimmung der Bauwürdigkeitsgrenze einer Lagerstätte; die notwendige zweite Etappe konkretisiert diese Grenze bei Berücksichtigung aller Faktoren.)

## 11. Zusammenfassung

Wir kamen zur Schlußfolgerung, daß die Bewertung einer Lagerstätte und damit der unteren Bauwürdigkeitsgrenze sich auf die ökonomischen Gesetze des Sozialismus stützen muß.

Die untere Bauwürdigkeitsgrenze ergibt sich bei uns aus dem Prinzip der Ökonomie gesellschaftlicher Arbeit. Es berücksichtigt die ökonomische Kategorie des Marktwertes und die Forderung der rationellen Nutzung unserer Lagerstätten.

Arbeitsmäßig ergab sich für den Geologen die Aufgabe, mit Hilfe der geologischen Erkundung alle jene Tat-



sachen festzustellen, die verschiedene Lagerstättenumgrenzungen bei verschiedenen geologischen Schwellengehalten möglich machen. Im Grunde führt seine Arbeit dazu, verschiedene Varianten der geologischen Schwellengehalte unter Beachtung der geologischen Faktoren der Lagerstätte zu errechnen. Ausgangspunkt hierfür sind dem Geologen genannte industrielle Minimalgehalte<sup>32)</sup>. Die tatsächlich beim Abbau einzuhaltende Grenze wird auf Grund der geologischen Angaben bei Berücksichti-

gung aller Faktoren endgültig mit Hilfe der Methode der Varianten bestimmt.

<sup>32)</sup> Diese Angaben dürfen den Geologen jedoch keineswegs in seiner Bewegungsfreiheit behindern. Wenn für eine silikatische Nickellagerstätte z. B. ein Minimalgehalt von 1% genannt wurde und bei diesem Gehalt die Lagerstätte als solche verschwindet, sich z. B. in eine systemlose Anhäufung kleiner Linsen auflöst, deren keine mengenmäßig einen wirtschaftlichen Abbau rechtfertigt, so untersucht er, ob bei einem Gehalt von 0,9% nicht ein zusammenhängender Lagerstättenkörper umgrenzt werden kann. Bei positivem Ergebnis muß selbstverständlich der verminderte Minimalgehalt der Vorratsberechnung zugrunde gelegt werden.

## Literatur

1. EINECKE, G. & W. KÖHLER: „Die Eisenerzvorräte des Deutschen Reiches.“ Archiv für Lagerstättenforschung, Heft 1, Berlin, 1910.
2. STAMMBERGER, F.: „Zur Klassifizierung von Mineralvorräten.“ — Z. f. a. G., 1955, Heft 1.
3. REH, H.: „Untersuchung der Zuverlässigkeit der Bewertung von Lagerstätten nutzbarer Rohstoffe und Ableitung einer erweiterten Klassifikation der Vorräte.“ — Z. f. a. G., 1956, Heft 4.
4. Geologische Arbeitstagung zur Beratung der neuen Vorratsklassifikation fester mineralischer Rohstoffe am 5. Juni 1956 in Leipzig. — Z. f. a. G., 1956, Heft 10.
5. — Vortrag F. STAMMBERGER.
6. — Diskussionsbeiträge von A. WATZNAUER, E. KAUTZSCH, O. OELSNER, F. STAMMBERGER.
7. Normentwurf „Nutzbare Lagerstätten — Einteilung der Vorräte.“ — Glückauf, 1956, Heft 35/36.
8. JAHNS, H.: „Grundsätzliches zur Einteilung von Lagerstättenvorräten. Ein Vorschlag für ihre Normung.“ — Glückauf, 1956, Heft 35/36.
9. KUKUK, P.: „Geologie, Mineralogie und Lagerstättenlehre.“ Springer-Verlag, Berlin/Göttingen/Heidelberg, 1955.
10. FETTWEIS, G.: „Über die Steinkohlenvorräte im nieder-rheinisch-westfälischen Gebiet und ihre Nachhaltigkeit.“ — Glückauf, 1955, Heft 19/20.
11. DIN 21 941 „Lagerstättenarchiv, Steinkohlenbergbau, Flözarchiv. Marksche. Arbeiten“, 1953.
12. LEHMANN, K.: „Kritik und Durchführung von Kohlenberechnungen.“ — Glückauf, 1941, Heft 14.
13. EINECKE, G.: „Die Eisenerzvorräte der Welt und der Anteil der Verbraucher- und Lieferländer an deren Verwertung.“ Textband. Verlag Stahleisen G.m.b.H., Düsseldorf, 1950.
14. VOGEL, E.: „Analyse der in verschiedenen Ländern gebräuchlichen Vorratskategorien und eigene Vorschläge zur Klassifikation von Vorräten mit besonderer Berücksichtigung des Gangbergbaues.“ — Freib. Forschungshefte, 1954, C 10.
15. HOOVER, H. C.: „Principles of Mining.“ McGraw Hill Co. New York, 1909.
16. „Klassifikation der Lagerstättenvorräte fester mineralischer Rohstoffe.“ — Z. f. a. G., 1956, Heft 10.
17. STAMMBERGER, F.: „Einführung in die Berechnung von Lagerstättenvorräten fester mineralischer Rohstoffe.“ Akademie-Verlag, Berlin, 1956.
18. MCLAUGHLIN, Donald H.: „Geological factors in the valuation of mines.“ — Econ. Geology, 1939, Nr. 6.
19. MARX, K.: Das „Kapital“, Bd. I, Dietz Verlag, Berlin, 1956.
20. PROKOFEJEW, A.: „Über industriellen Minimalgehalt und geologischen Schwellengehalt.“ — Z. f. a. G., 1956, Heft 4.
21. MARX, K.: „Das Kapital“, Bd. III, Buch III, Dietz Verlag, Berlin, 1956.
22. POSHARIZKIJ, K. L.: „Grundsätze bei der Bestimmung des industriellen Minimalgehalts im Erz.“ — Zeitschrift für Bergbau (russisch), 1947, Nr. 9.
23. KRYSHOW, L. W.: „Bestimmung der unteren Bauwürdigkeitsgrenzen für Bilanzvorräte.“ — Zeitschrift für Bergbau (russisch), 1952, Nr. 7.
24. PROKOFEJEW, J. P.: „Bestimmungsmethode des industriellen Minimalgehalts im Erz beim Abbau monometallischer Lagerstätten.“ — Geologie und Bergbau (russisch), 1947.
25. „Politische Ökonomie, Lehrbuch.“ Dietz Verlag, Berlin, 1955.
26. Gesetzblatt der DDR Nr. 22, 1953, Seite 313 bis 315: „Bekanntmachung des Beschlusses über die Grundsätze der Preispolitik vom 14. 2. 1953.“
27. RUR, D. M.: „Ökonomische Begründung des Schwellengehaltes in Erzlagerrstätten.“ — Erkundung und Lagerstättenpflege (russisch), Moskau 1956, Heft 9.
28. OELSNER, F.: „Die Werttheorie und unsere Preispolitik.“ — Einheit, 1955, Heft 12.
29. STALIN, J.: „Ökonomische Probleme des Sozialismus in der UdSSR“ (russisch), 1953.

## Erfahrungen beim Unterwasser-Photographieren in Bohrlöchern<sup>1)</sup>

Von A. M. WIKTOROW

Als Ende 1954 Bohrlöcher zur Grundwasserabsenkung in der Baugrube eines an der Wolga im Bau befindlichen Wassergroßkraftwerkes in Betrieb waren, tauchten bei der Bauleitung Zweifel darüber auf, ob die in die Bohrlöcher versenkten Rohrfilter normal arbeiteten. Grund für diese Zweifel war die reichliche Anhäufung von Eisenhydroxyden auf den Wassersammelanlagen.

Man vermutete, daß die Schlitzöffnungen der Filter verstopft sein könnten. Daher wurden umgehend dokumentarische Unterlagen über den Zustand der Schlitz- und Wandungen der Filter ohne ihre Herausnahme aus den Bohrlöchern verlangt.

Zu diesem Zweck schlug der Verfasser eine neue Methode vor und konstruierte mit A. M. ANANEWITSCH ein elektroautomatisches Gerät unter der Bezeichnung „Photos“ für Unterwasseraufnahmen in Bohrlöchern. Er verwendete es für die Untersuchung der Filter in Bohrlöchern der obengenannten Grundwasserhaltungen mit einer Tiefe bis zu 26 m.

Photoaufnahmen wurden in verschiedenen Tiefen durchgeführt. Auf Grund dieser Maßnahme konnte die Anzahl der Schlitz- in den Filterwandungen festgestellt, ihr Zustand beurteilt und entsprechende Schlußfolge-

rungen über ihre Arbeitsfähigkeit in den Bohrlöchern gezogen werden. Später fanden Methode und Gerät Verwendung zur Lösung ähnlicher Fragen bei der Durchführung einer Tiefenentwässerung auf städtischem Gelände im Stadtgebiet Moskaus.

Nach Literaturunterlagen zu urteilen, war dies der erste Versuch in der UdSSR, das automatische Unterwasser-Photographieren in die Praxis der Bohrlöcheruntersuchung einzuführen.

In der ausländischen Literatur ist ein Fall des Photographierens im Bohrloch in 700 m Tiefe beschrieben. Hierfür wurde ein von T. REINHOLD (1924) erfundenes und in den USA und in England patentiertes Gerät verwendet.

Die technische Beschreibung und die Zeichnungen des Geräts wurden jedoch nicht veröffentlicht. Infolgedessen war seine Herstellung ohne vorhergehende Projektierung nicht möglich.

Die geringe Tiefe der Bohrlöcher für die Grundwasserabsenkung in den genannten Fällen gestattete es, ein Photoaufnahmegerät in einfacherer Ausführung als die Konstruktion REINHOLDS unter Verwendung vorhandener Werkstoffe herzustellen. Es wurden verwendet: für das Gehäuse — ein Stück Rohr und Teile des Büro-

<sup>1)</sup> Aus „Erkundung und Lagerstättenpflege“ (russisch), Moskau, Heft 3, 1955.



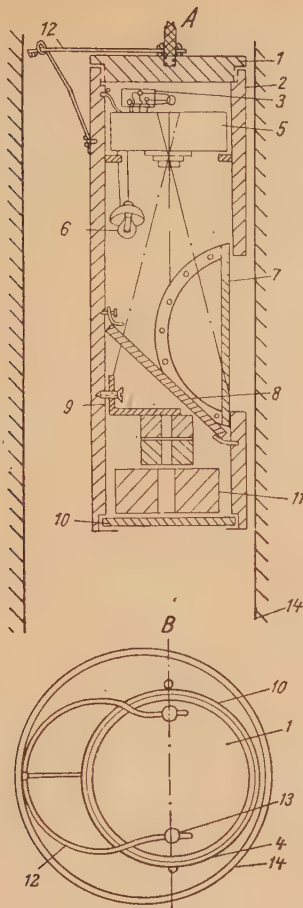


Abb. 1. Konstruktionsschema des Geräts „Photos“ für Photoaufnahmen der Wandungen von Rohrfiltern unter Wasser

A — Seitenansicht; B — Ansicht von oben, 1 — Deckel mit Gewinde; 2 — Gerätkörper; 3 — Klemmen für das Elektrokabel; 4 — Kabelanschlusstelle; 5 — Elektroautomatischer Photoapparat; 6 — Lampe, 70 Watt, 12 Volt, mit Schirm; 7 — Fenster aus organischem Glas; 8 — Spiegel; 9 — Gewichtsklemme; 10 — Boden; 11 — Gewicht; 12 — Haltebügel; 13 — Griffe mit Gewinde; 14 — Filterwandung.

skops, für das automatische Photogerät — der Photoapparat „Smena“ mit dem Federmechanismus eines Weckers und der Magnetspule aus einem Autorelais. Für das Hinablassen des Geräts und die Stromzuführung wurde ein gewöhnliches Elektrokabel mit Litze verwendet. Der Selbstkostenpreis dieser Konstruktion übersteigt nicht 700 Rubel. Der Aufbau des Geräts „Photos“ ist in Abb. 1 dargestellt.

Auf dem Boden des wasserdichten Zylinders befindet sich ein Belastungsgewicht. Über dem Belastungsgewicht ist ein Spiegel im Winkel von  $45^\circ$  zur Zylinderachse aufgestellt. Dem Spiegel gegenüber ist in der Zylinderwandung eine Öffnung ausgespart, die mit einem in der Rundung gebogenen organischen Glas abgeschlossen wird, das man auf der Innenseite des Zylinders mit Schrauben befestigt. Im oberen Teil des Zylinders ist der Photoapparat — mit dem Objektiv nach unten, dem Spiegel zu gerichtet — untergebracht. An den Photoapparat ist ein Federmechanismus und ein Elektromagnet mit Sperrklinke angebaut. Dem Fenster gegenüber ist eine 70-W-Autolampe für 12 V angebracht, die das Licht durch das Fenster auf den aufzunehmenden Abschnitt der Filterwandung wirft.

In den Photoapparat wird ein gewöhnlicher Film eingelegt. Das Zahnradchen der Filmspule des Photoappa-

rates ist mit dem Zahnradchen des Federmechanismus verbunden, dieser bewegt den Film solange, bis ein Sperrstift auf die Regulierlamelle drückt. Dadurch bremst der Regulator die Getriebedrehung des Federmechanismus. Der zu belichtende Filmabschnitt befindet sich vor der Linse und der Apparat ist zur Aufnahme bereit (Abb. 2).

Die weitere Aufspulung der Filmabschnitte erfolgt automatisch mittels eines Elektromagneten, der beim Einschalten des Gleichstroms die Regulierlamelle anzieht und dabei die Getriebe des Federmechanismus freigibt. Schaltet man nun den Strom abwechselnd auf den Elektromagneten und die Autolampe (je nach dem Hinablassen des „Photos“ auf die gewünschte Tiefe), so erfolgt die Photoaufnahme Abschnitt für Abschnitt. In der Tiefe des Bohrloches, also unter Wasser, wird das Spiegelbild der beleuchteten Filterwand photographiert. Da das Objektiv des Photoapparates ständig geöffnet ist, wird der erste und letzte Abschnitt des Filmstreifens immer belichtet.

Die Aufnahmeffläche des Wandungsabschnittes ist schon vorher durch die Abmessung des Spiegels und durch die konstante Entfernung zwischen Spiegel und Objektiv bestimmt. Der Bildausschnitt des Filmstreifens erfasst den ganzen Spiegel mit dem von ihm reflektierten Wandungsabschnitt. Durch die konstante Fensterentfernung des „Photos“ zur aufzunehmenden Wandung wird an sich schon eine stets gleichbleibende Aufnahmeffläche, unabhängig vom Durchmesser des Filterrohres gewährleistet. Für die Stromgabe verwendet man einen Autoakkumulator oder einen Trafo 220/12 V.

Bei Verwendung von Wechselstrom wird für die Arbeit des Elektromagneten ein Selengleichrichter zwischengeschaltet. Die Stabilität des Geräts und die

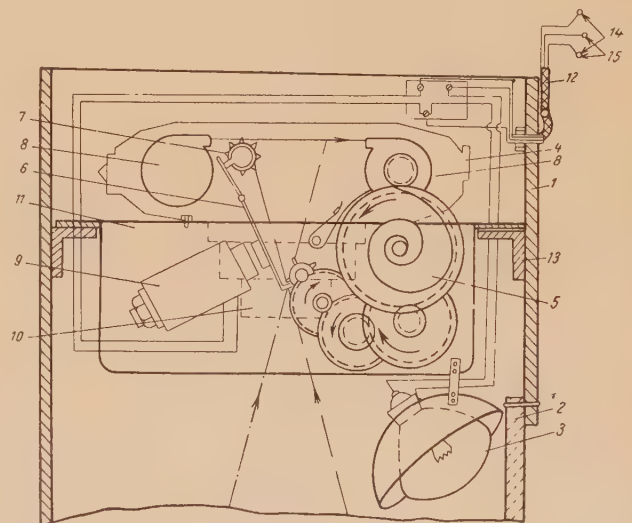


Abb. 2. Aufbauschema des elektroautomatischen Photoapparates

1 — Wandung des Gerätkörpers; 2 — Fenster; 3 — Lampe, 70 W., 12 V (im Schema nach dem Fenster gerichtet); 4 — Gehäuse des Photoapparates (Typ „Smena“); 5 — Federmechanismus zur Aufspulung des Filmstreifens; 6 — Bremslamelle, d. h. Regulator für die Aufspulung des Filmstreifens; 7 — Zahnrad des Zählers für die Aufspulung des Filmstreifens; 8 — Kassettenspulen mit Film; 9 — Elektromagnet zum Abziehen der Bremslamelle; 10 — Objektiv des Photoapparates; 11 — Platte zur Befestigung des Gesamtmechanismus; 12 — Dreiladiges Elektrokabel; 13 — Lagerstützen für die Platte; 14 — Litzen zum Anschluß des Mechanismus für die Aufspulung des Films; 15 — Kabellitze zur Beleuchtung.





Abb. 3

Das Gerät während des Hinablassens in den Filter

Möglichkeit des Versenkens in Wasser wird mit Hilfe eines Gewichtes auf dem Boden des Geräts erreicht. Das Belastungsgewicht (11) ist etwa 4 kg schwerer als das gesamte Gerät unter Berücksichtigung des Auftriebs wiegt.

Das Gerät ist sogar bei Einschaltung des Lichts bereits in einer Tiefe von 2 bis 2,5 m unter Wasser nicht mehr zu sehen. Die Orientierung und folglich auch die Lagebestimmung der herzustellenden Aufnahmen ist nur dann möglich, wenn das Gerät ohne Drehung hinabgelassen wird (Abb. 3). Zu diesem Zweck wurde ein Bügel aus Aluminiumdraht als Halter verwendet, der den „Photos“ mit dem Fenster in der gewünschten Richtung zur Wandung festhält und eine Drehung des Geräts verhindert. Wie die Praxis zeigte, war das Abkratzen von Ansätzen auf den Filterwandungen beim Hinablassen des Geräts anscheinend so unbedeutend, daß keine Trübung des Wassers erfolgte.

Die Aufnahmen wurden in Abständen von 0,5 und 1 m gemacht. Zur Erlangung eines ununterbrochenen Aufnahmeprofils ist es jedoch zweckmäßig, einen Abstand von 0,15 m, also von Gerätelänge, einzuhalten. Zur Aufnahme wird erst die Lampe eingeschaltet, dann wird für 2 bis 3 Sekunden der elektromagnetische Mechanismus zur Aufspulung der Filmabschnitte periodisch eingeschaltet. Belichtet wird 5 bis 8 Sekunden, je nach der Empfindlichkeit und der Wassertrübung, die nach der vorher heraufgeholtten Probe bestimmt wurde. In den nachfolgend beschriebenen Fällen war das Wasser schwach getrübt mit einem rostigen Farbton.

Für die Photoaufnahme wurde ein Film mit einer Lichtempfindlichkeit von 45, 60 und 90 verwendet. Von dem Film wurden Kopien in fünffacher Vergrößerung auf Kontrastphotopapier gemacht.

Infolge der konstanten Brennweite des Objektivs und der unveränderlichen Entfernung des Photoapparates vom Spiegel wurde die Aufnahmeschärfe der Wandungsspiegelung dadurch erreicht, daß sich das Fenster des Geräts vom Aufnahmeabschnitt stets in einer Entfernung von nicht mehr als 2 bis 3 cm befand und in dieser Stellung durch den Halter festgehalten wurde.

Durch die Aufnahmen in der Größe 13×18 cm wurde eine Darstellung der zu untersuchenden Wandungs-

abschnitte in natürlicher Größe erreicht. Eine Bestimmung der Schlitzabmessungen und sonstiger Filterdetails konnte unmittelbar auf Grund der Aufnahmen vorgenommen werden. Die durch den Photoapparat vorgenommene Abschnittsfläche der Filterwandung hatte eine maximale Länge von 120 mm bei einer mittleren Breite von 140 mm. Hierbei stellte die Aufnahme (in Breitenrichtung) die Projektion eines Teiles der Innenwandung des Filterrohres auf die Fläche des Filmstreifens dar. Es wurde somit auf einem Bildausschnitt des Filmstreifens ungefähr  $\frac{1}{5}$  bis  $\frac{1}{4}$  des Umfanges der Innenwandung, je nach dem Filterrohrdurchmesser, aufgenommen.

Da die Stellung des Apparates in der Tiefe unsicher war, wurde die ganze Zeit über nur an einer Wandseite photographiert, an der das Gerät vorsichtig an dem Stromleitkabel und einem Hilfskabel hinabgelassen wurde.

Die Deutung der erzielten Photoaufnahmen konnte nur durch Vergleich mit der Photographie einer Standard-Vergleichsaufnahme der Filterwandung vorgenommen werden. Deshalb wurde vorher ein Muster eines typischen Schlitzfilters von 0,5 m Länge und einem Durchmesser von 250 mm angefertigt, dessen Schlitzze sich in verschiedenem Durchlässigkeitszustand befanden. An einigen Stellen waren die Schlitzze absichtlich schlecht autogen aufgeschnitten, auch mit einem tonigen und ockerhaltigen Belag bedeckt, die Zwischenräume der Wandungen zwischen den Schlitzzen waren bis auf das frische Metall abgeschuert. Dieses Muster wurde in einen Wasserbehälter gebracht und mit dem „Photos“ eine Kontrollaufnahme gemacht. Die erhaltene Aufnahme diente in der Folgezeit als Vergleichsbild für die Deutung aller übrigen von den natürlichen Filterwandungen gemachten Photoaufnahmen. Durch Auswerten der Vergleichsaufnahme wurden die Abmessungen der zu untersuchenden Schlitzze festgelegt, ebenso wurde die Bedeutung der Farbtönungen bestimmt, welche die Sedimentation der Eisenhydroxyde verschiedener Dichte, eine verrostete oder gescheuerte Wandung, oder offene Schlitzze darstellen, die sich auf dem grauen Hintergrund der Wandungsaufnahme als schwarze Streifen scharf abheben.

Zur Bestimmung des Porositätsgrades der photographierten Schlitzfilterabschnitte wurde auf jeden Photoabzug ein Pausblatt gelegt, auf welches die schwarzen Streifen der in den Konturen der Photoaufnahme verbliebenen Schlitzze des Filterabschnittes kopiert wurden.

Ähnliche Photoaufnahmen wurden auf Kontrast-Photopapier abgezogen, um alle Einzelheiten der zu untersuchenden Filterwandungen festzustellen. Die Abzüge werden hiermit jedoch verschwommen: ihr dunkler Hintergrund schluckt die Darstellung der Einzelheiten (Schlitzze u. a.) und erschwert die Deutung der Aufnahmen. Infolgedessen wurde die Auswertung der Photoabzüge bei starker Lampenbeleuchtung vorgenommen. Für diesen Zweck ist es angebracht, einen für das Pausen von Karten benutzten Kasten mit Glascheibe zu verwenden, unter der sich Glühlampen befinden. Beim Auflegen des Photoabzuges auf das Glas werden alle Einzelheiten deutlich sichtbar, die bei gewöhnlicher Beleuchtung nicht zu sehen sind.



Die Erfahrung bei der Anwendung des „Photos“ hat gezeigt, daß Geräte ähnlicher Art nicht nur für die Dokumentation der Rohrfilterwandungen, sondern auch für die Beobachtung von Bohrlöchern mit großem Durchmesser bei der Durchführung von geologischen Erkundungs- und ingenieurgeologischen Arbeiten, vor allem bei ungenügendem Kerngewinn, verwendet werden können. Bei großen Tiefen jedoch, wenn die Wassersäule 25 bis 30 m übersteigt, ist wegen des großen

Wasserdrucks eine andere Konstruktion des Gehäuses mit einer zuverlässigeren Abdichtung nötig. Der geringe Durchmesser der Erkundungsbohrlöcher zwingt jedoch zur Herstellung spezieller kleiner Photoapparate, da eine Verwendung der Standardapparaturen nicht möglich ist.

Auch müssen Vorrichtungen konstruiert werden, die eine genaue Lagebestimmung des Geräts im Bohrloch während der Photoaufnahmen ermöglichen.

### Literatur

WIKTOROW, A. M.: Eine Methode zur Besichtigung von Wandungen und Sohlen der Bohrlöcher. — Staatsverlag für geologisch-technische Literatur, 1954.  
Referat der Abhandlung „Photokamera für Tiefbohrungen.“ — „Lagerstätten erkundung“, (russisch), Moskau, 1948, Nr. 6.

JAKOBI, N. O.: Bohrlochforschungsdienst, Methoden und Geräte — Abhandlungen des Zentralen Wissenschaftlichen Forschungsinstituts für geologische Untersuchungen, (russisch), Ausgabe 104, 1938.

## Über den Umbau eines Objektführers zu einem Rastkreuztisch für die Integration nach der Punktmethode

Von E. KNAUER & TH. KAEMMEL, Berlin

In Heft 11/12 (1956) dieser Zeitschrift berichteten TH. KAEMMEL und E. KNAUER über zwei einfache mechanische Geräte für statistische Untersuchungen. In der mechanischen Werkstatt der Staatlichen Geologischen Kommission ist gemeinsam mit Mechanikermeister A. HENNIG ein Objektführer auf ganz einfache Weise zu einem Rastkreuztisch umgearbeitet worden. Wahlweise kann er außerdem als normaler Kreuzschlitten benutzt werden. Der Umbau kann in jeder mechanischen Werkstatt vorgenommen werden, die eine Drehbank mit Index besitzt.

Am besten verwendet man einen Objektführer der Firma ROW Rathenow. Bei einer Spindelumdrehung wird bei diesem Gerät das Objekt um 20 mm transportiert. Um eine wahlweise einzustellende Rasterung von 0,5 bzw. 0,25 mm zu erhalten, ist eines der beiden Handrädchen durch ein doppeltes Zahnrad mit 40 bzw. 80 Zähnen zu ersetzen. Im vorliegenden Falle wurde dieses Zahnrad an die Spindel des feststehenden Schenkels am Objektführer angesetzt (s. Abb. 1). Als weitere Veränderung sind etwa 3 mm neben der Halteschraube des Tisches zwei Paßstifte einzusetzen. Um die Achse der Halteschraube sind sie um 180° gegeneinander versetzt. Auf diese Paßstifte wird ein an beiden Enden etwas schräg gewinkeltes Metallstück aufgesetzt. Die hochgewinkelten Enden tragen gebogene Blattfedern, an denen keilförmige Schneiden befestigt sind. Diese werden

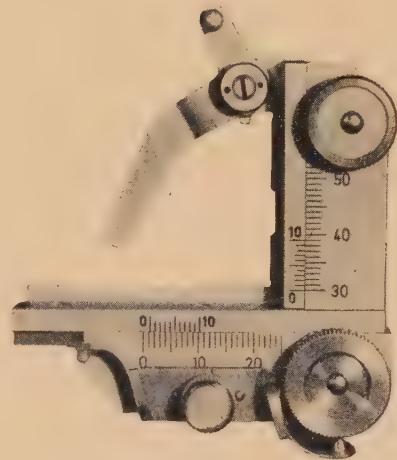


Abb. 2. Der Objektführer als Rastkreuztisch, Foto: Zastrow

radial gegen das Zahnrad gedrückt. Da die beiden Federn in verschiedener Höhe liegen, kann durch einfaches Wenden des Trägerstückes entweder mit 0,5 oder 0,25 mm gerastert werden. Die Befestigungsschraube des Kreuztisches hält neben dem Tisch das Trägerstück, in dessen Mitte sich eine Bohrung befindet, in der gewünschten Lage fest (s. Abb. 2).

Die Einstellung der Meßlinien erfolgt am anderen Schenkel des Tisches mit Hilfe des Nonius auf die gewünschte Entfernung. Durch diese beiden einfachen Geräte (Zählgerät — Heft 11/12 — und Rastkreuztisch) ist es jedem mineralogisch-petrographischen Institut in der DDR möglich, durch einen ganz geringen finanziellen Aufwand petrographisch-quantitative Untersuchungen durchzuführen.

### Stahlwerk bei Bordeaux

Eine britisch-kanadisch-französische Industriegruppe beabsichtigt, den Eisenhügel bei Fort-Gouraud in Mauretanien abzubauen. Das Eisenerz soll in einem mit Erdgas als Energiequelle betriebenen neuen Stahlwerk an der französischen Atlantikküste südlich von Bordeaux verarbeitet werden.

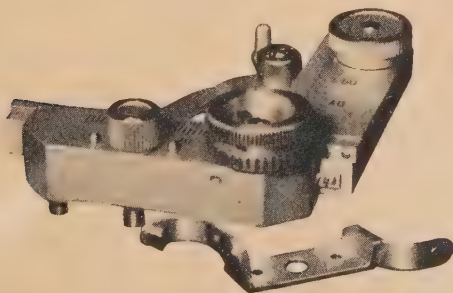


Abb. 1. Der Objektführer ohne Rastung, Foto: Zastrow



# Eine Klassifikation der Gesteine nach ihren mechanischen Eigenschaften<sup>1)</sup>

Von L. A. SCHREINER, W. P. JAKUSCHEW, O. P. PETROWA & A. T. PORTNOWA

In der Praxis beurteilt man die Bohrfähigkeit der Gesteine nach dem Bohrfortschritt, d. h. wenn unter gleichen Verhältnissen der Bohrfortschritt in einem Gestein größer als in einem anderen ist, so wird auch die Bohrfähigkeit des ersten Gesteins größer sein. Eine derartige Beurteilung der Bohrfähigkeit spiegelt nur den Stand der Bohrtechnik im gegebenen Zeitpunkt wider, da der Bohrfortschritt — außer durch die physikalischen Eigenschaften der Gesteine — durch die Typen der angewandten Bohrmeißel, das Bohrregime usw. bestimmt wird.

Eine Änderung der genannten Faktoren bewirkt im gleichen Maß nicht nur eine Änderung der absoluten Größe des Bohrfortschritts, sondern auch der Bohrfähigkeit der verschiedenen Gesteine. Bei gleichen Bedingungen besitzt das Verhältnis der Bohrfortschritte in verschiedenen Gesteinen einen bestimmten Wert, bei veränderten Bedingungen ändert sich dieses Verhältnis in der Regel.

Es wäre deshalb falsch, die Gesteine nach dem Bohrfortschritt in Bohrfähigkeitsklassen zu gliedern. Eine solche Klassifikation kann bestenfalls provisorisch sein. Außerdem ist der Bohrfortschritt nur ein passiver Indikator der Bohrfähigkeit, weil man ohne Vergleich mit den mechanischen Eigenschaften der Gesteine, lediglich auf der Grundlage des Bohrfortschritts, nicht die Zweckmäßigkeit der Verwendung von Meißeln verschiedener Typen und der anzuwendenden Bohrweise beurteilen kann.

Für eine vollständige Charakterisierung der wahren Bohrfähigkeit eines Gesteins ist die Kenntnis seiner wichtigsten Eigenschaften erforderlich: Elastizität, Festigkeit, Plastizität und Abrieb.

Betrachtet man die Bohrfähigkeit vom Gesichtspunkt der Zertrümmerungsgeschwindigkeit, dann hängen der anfängliche, zum Schluß erreichte und auch mittlere Bohrfortschritt nicht von den Abriebeigenschaften des Gesteins ab, er wird nur von den mechanischen Eigenschaften bestimmt. Die Abriebeigenschaften bestimmen neben den anderen Faktoren die Bohrdauer bei gegebenem Zertrümmerungsinstrument.

In der vorliegenden Arbeit werden die Gesteine nach ihren mechanischen Eigenschaften klassifiziert; die Klassifikation nach den Abriebeigenschaften wird dagegen zu einem späteren Zeitpunkt gegeben werden, da die Untersuchungen auf diesem Gebiet noch fortgesetzt werden.

Zur Bestimmung der mechanischen Eigenschaften von Gesteinen benutzen wir das Verfahren, einen zylindrischen Stempel mit einer ebenen, 1 bis 5 mm<sup>2</sup> großen Grundfläche in das zu untersuchende Gestein einzudrücken (Abb. 1).



Abb. 1

Beim Einpressen des Stempels steht das Gestein unter der Berührungsfläche unter ungleichmäßigem, allseitigen Druck, wie es auch unter der Berührungsfläche mit den Zähnen eines Rollenmeißels und anderer Zer-

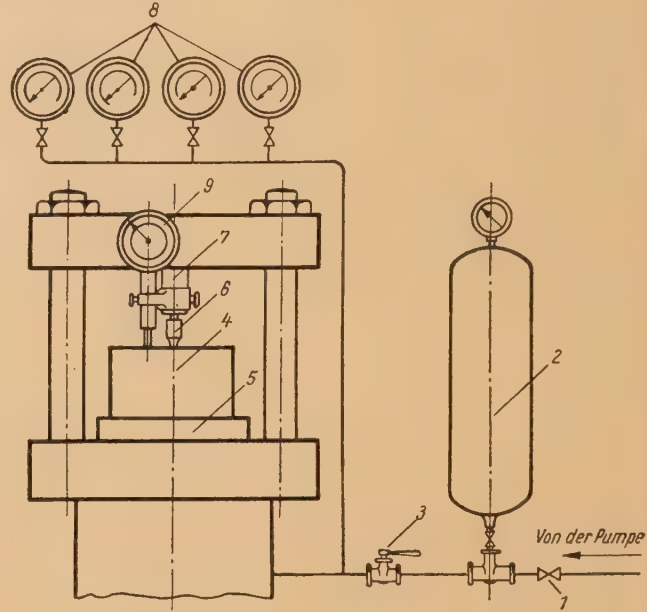


Abb. 2

trümmerungswerkzeuge der Fall ist. Die der Grenzfestigkeit gegen das Einpressen entsprechenden Drücke an der Berührungsfläche hängen nur in geringem Maße von den geometrischen Formen ab, obwohl sie für einen Stempel etwas höher liegen als für Kugeln und scharfkantige Prismen. Daher sind die absoluten Größen des Widerstands gegen das Einpressen des Stempels proportional den Widerständen, die die Gesteine beim Bohren leisten. Aber neben der Härte kann man beim Eindringen des Stempels auch die plastischen Eigenschaften der Gesteine quantitativ bestimmen, die bisher überhaupt nicht berücksichtigt wurden, obwohl sie die Bohrfähigkeit außerordentlich beeinflussen.

Wir beschreiben jetzt in aller Kürze das Verfahren zur Messung der mechanischen Eigenschaften von Gesteinen durch Stempelpressung.

Wir benutzen zu diesem Zweck eine kleine hydraulische Presse, deren Konstruktion Abb. 2 schematisch zeigt. Vor Beginn der Versuche wird die Flüssigkeit von der Pumpe durch den Hahn (1) in das Ausgleichsgefäß (2) gegeben, in dem der Druck bis zu einem Wert gesteigert wird, der über dem zum Zerbrechen erforderlichen Druck liegt. Dieser Druck wird bei einem Probeversuch an einem Handstück des zu untersuchenden Gesteins ermittelt. Während dieser Zeit bleibt der Regulierhahn (3) geschlossen, der das Ausgleichsgefäß mit dem hydraulischen Zylinder der Presse verbindet. Die Einschaltung des Ausgleichsgefäßes in der Anlage ermöglicht eine allmähliche Steigerung der Belastung der Probe und nötigenfalls die Konstanthaltung des Drucks durch den Regulierhahn (3). Die planparallele Probe (4) des zu untersuchenden Gesteins legt man auf die Grundfläche des Kolbens der hydraulischen Presse (5). Auf die polierte Oberfläche der Gesteinsprobe setzt man den

<sup>1)</sup> Aus „Erdölwirtschaft“ (russisch), Nr. 10, 1955; s. a. den Aufsatz von M. I. MOROSOW & A. M. JERMAKOW: „Gesteinsklassifikation nach der Bohrfähigkeit“, veröffentlicht in „Nr. 11/12, 1956 dieser Zeitschrift.“



Stempel (6) mit der Grundfläche von 1 bis 2 mm<sup>2</sup> und in einigen Fällen von 3 bis 5 mm<sup>2</sup>. Beim Eindringen des Stempels erfährt neben der örtlichen, unter seiner Grundfläche entstehenden Druckspannungszone gleichzeitig die ganze Gesteinsprobe eine Beanspruchung, die sie zu sprengen trachtet. Ist das Verhältnis der Querschnittsfläche der Probe zur Grundfläche des Stempels relativ klein, so wird das Probestück gesprengt, bevor die Spannung unter dem Stempel ihren Höchstwert erreicht und ein örtliches Zerbrechen eintritt. Bei einer Stempelgrundfläche von 1 mm<sup>2</sup> kann man auf der Oberfläche eines Gesteinsstücks von 50 mm Durchmesser bis zu 20 Messungen ausführen, aber bei 20 mm Durchmesser liegt das Maximum bei einer Messung in der Mitte des Probestücks.

Die Messung der Drücke im hydraulischen Zylinder erfolgt durch 3 bis 4 Manometer (8) mit verschiedenen Meßbereichen von 5 bis zu 50 at. Die Manometer sind so angeschlossen, daß man bei der Druckmessung von

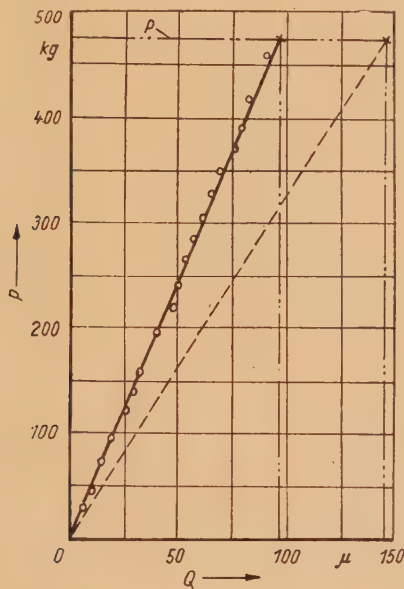


Abb. 3

einem Manometer zum anderen übergehen kann, ohne den Versuch zu unterbrechen.

Der auf das Gesteinsstück aufgesetzte Stempel wird durch Öffnen des Regulierhahns (3) allmählich zur Berührung seiner oberen Fläche mit dem Anschlagwiderstand (7) gebracht.

Zur Messung der Verformungen ist am unteren Ende des Anschlags ein Meßindikator (9) mit 0,001 bis 0,002 mm Ablesegenauigkeit befestigt, dessen gebogenes Fußende sich nahe dem Stempel auf die Oberfläche des zu untersuchenden Gesteinsstücks stützt. Sobald der obere Teil des Stempels mit dem Anschlag in Berührung kommt, stellt sich der Indikator auf Null ein.

Bei den Versuchen wird die Belastung nicht ununterbrochen, sondern stufenweise gesteigert, wobei man bei jeder Belastung darauf achtet, daß die Verformung bis zum Ende verläuft. Im elastischen Bereich stellt sich der Verformungswert sofort ein und ändert sich zeitlich nicht. Beim Übergang in den plastischen Bereich, nachdem man die Belastung bis zum entsprechenden Wert gesteigert hat, beginnt ein langsames Fließen. Daher ist während einer gewissen Zeitdauer die Belastung konstant

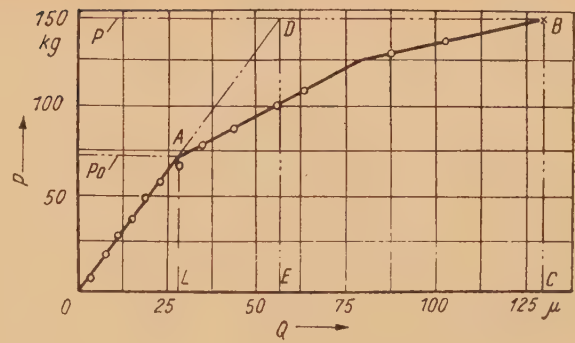


Abb. 4

zu halten, damit sich die plastische Verformung restlos einstellen kann. Dann steigert man die Belastung auf die folgende Stufe usw. so lange, bis ein örtliches Zerbrechen unter der Grundfläche des Stempels eintritt (sprunghaftes Einsinken). Bei jedem Belastungsdruck wird der Grenzwert der Verformung gemessen.

Nach den erhaltenen Daten wird das Verformungsdiagramm konstruiert.

Die Abbildungen 3 bis 5 zeigen die charakteristischen Deformationsdiagramme für verschiedene Gesteine nach den Koordinaten  $P$  = Belastung in kg und  $Q$  = Verformung in µ. Man kann auch die gewöhnlich benutzten Koordinaten anwenden, d. h. auf der Ordinate den Berührungsdruck und auf der Abszisse die relative Verformung abtragen, weil die Größe der Verformung sowohl im elastischen als auch im plastischen Bereich annähernd dem Durchmesser des Stempels proportional ist.

Alle Gesteine können nach ihrem Verhalten beim Einpressen des Stempels in drei Hauptklassen eingeteilt werden: spröde, sprödpastische und solche Gesteine, die kein allgemeines sprödes Zerfallen zeigen.

Abb. 3 zeigt ein Verformungsdiagramm für Granit. In diesem Fall wird das Verformungsdiagramm nur durch den elastischen Bereich dargestellt, da für spröde Gesteine nur die Härte  $p = \frac{P}{S}$  bestimmt wird, wobei  $P$  die Belastung im Augenblick des allgemeinen brüchigen Zerfallens unter dem Stempel und  $S$  der Flächeninhalt der Stempelbasis bedeutet.

Abb. 4 zeigt das Verformungsdiagramm für einen plastischen Kalkstein. Der Übergang vom elastischen in den plastischen Bereich geht fließend vor sich, aber die Punkte in diesem Bereich ordnen sich ebenfalls gut in eine gerade Linie ein. Der Schnittpunkt der Geraden für den elastischen und den plastischen Bereich gibt den Wert des Belastungsdrucks  $P_0$  zur Berechnung eines Näherungswertes für die Fließgrenze an.

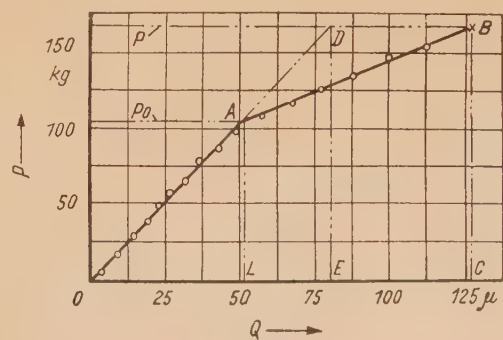


Abb. 5



Es können zwei oder sogar drei plastische Bereiche auftreten (s. Abb. 5), die sich durch den Anstieg der Geraden unterscheiden, die den Grad der Verfestigung definiert. In Gesteinen dieses Typs wird die plastische Verformung mit einem allgemeinen brüchigen Zerfall unter der Stempelgrundfläche abgeschlossen, ebenso wie in den spröden Gesteinen.

Zur quantitativen Beurteilung der Plastizität von Gesteinen bestimmt man einen Plastizitätskoeffizienten, der von uns als das Verhältnis der gesamten, bis zur Zertrümmerung aufgewandten Arbeit (Fläche OABC in Abb. 4 und 5) und der für die elastischen Verformungen aufgewandten Arbeit definiert wurde. Als Größe der elastischen Arbeit nimmt man die ganze Arbeit für die elastischen Verformungen an, d. h. man berücksichtigt auch die elastischen Verformungen in den plastischen Bereichen. In erster Näherung kann man annehmen, daß die Elastizitätskonstanten ihren Wert auch bei plastischer Verformung beibehalten, daher kann man die Gerade für den elastischen Bereich bis zum Schnitt mit der Linie verlängern, die der Grenzbelastung beim Zerbrennen entspricht. Die Fläche des Dreiecks ODE stellt dann die Arbeit der elastischen Verformungen dar.

Das Verhältnis  $\frac{OABC}{ODE}$  kann man als energetischen

Koeffizienten der Plastizität (K) bezeichnen. Bei spröden Gesteinen ist  $K = 1$ , weil die Gesamtarbeit bis zur Zertrümmerung gleich der für die elastischen Verformungen aufgewandten Arbeit ist.

Plastizitätskoeffizienten, die als Verhältnis der gesamten Verformung zur ganzen elastischen Verformung oder zur rein elastischen Verformung berechnet werden, sind zur Beurteilung der Bohrfähigkeit plastischer Gesteine weniger geeignet.

Neben der Härte und der Plastizität müßte man auch die elastischen Eigenschaften der Gesteine bestimmen, weil man ohne deren Berücksichtigung die Bohrfähigkeit nicht exakt beurteilen kann. Wir führen nur ein Beispiel an, das diese Sachlage erläutert. In Abb. 3 ist punktiert das Verformungsdiagramm eines spröden Gesteins gleicher Härte gezeichnet, das aber andere elastische Eigenschaften besitzt. Trotz der gleichen Härte wird die Bohrfähigkeit der beiden Gesteine verschieden sein, weil für das zweite die Verformung bis zum Eintreten der Zertrümmerung größer ist. Man müßte daher neben der Härte auch die Elastizitätskonstante beim Einpressen kennen.

Man kann die Elastizitätskonstante beim Einpressen des Stempels aus dem Verlauf der Deformationskurve im elastischen Bereich bestimmen, aber man braucht sie nur zur Berechnung der ganzen elastischen Arbeit vor dem Eintreten der Zerstörung. Dies gilt auch in vollem Umfang für die Beurteilung der Bohrfähigkeit sprödeplastischer Gesteine.

Das Produkt aus der für die elastischen Verformungen aufgewandten Arbeit und dem Plastizitätskoeffizienten würde uns die Größe der gesamten, bis zur Zertrümmerung geleisteten Arbeit angeben. Man kann aber die gesamte Arbeit bis zur Zertrümmerung unmittelbar aus dem Verformungsdiagramm errechnen. Daher ist es nicht erforderlich, eine weitere, die mechanischen Eigenschaften der Gesteine kennzeichnende Größe einzuführen.

Aus alledem folgt, daß die Bohrfähigkeit von Gesteinen einen bestimmten verallgemeinerten Kennwert haben muß, der alle mechanischen Eigenschaften eines gegebenen Gesteins charakterisiert. Ein derartiger Kennwert ist die Gesamtarbeit bis zur Zertrümmerung durch Bruch.

Das Verhältnis der gesamten, bis zum Eintreten der Bruchzerstörung geleisteten Arbeit zur Grundfläche des Stempels kann auch als verallgemeinerter Kennwert der Bohrfähigkeit angenommen werden. Für diesen Zweck wäre es aber exakter, das Verhältnis der Gesamtarbeit zum Volumen des zertrümmerten Gesteins zu nehmen, d. h.  $A_v = \frac{A}{V}$ , wobei  $A$  = gesamte Arbeit,  $V$  = zertrümmertes Volumen und  $A_v$  = Zertrümmerungsarbeit je Volumeneinheit bedeuten. Die Bestimmung der Zertrümmerungsvolumina ist außerordentlich umständlich. Die uns zur Verfügung stehenden experimentellen Daten zeigen, daß sich die Zertrümmerungsvolumina gesetzmäßig mit der Änderung der plastischen Eigenschaften ändern. Später wird es möglich sein, einen Näherungswert für die Zerstörbarkeit von Gesteinsvolumina mit verschiedenen Plastizitätskoeffizienten anzugeben.

Für spröde und sprödeplastische Gesteine ist die Zerstörungszone erheblich größer als die Berührungszone (Abb. 6a u. b).

Beim Einpressen des Stempels in Gesteine der dritten Klasse findet keine allgemeine brüchige Zertrümmerung unter der Grundfläche des Stempels statt, daher ist die Zerstörungszone gleich der Berührungszone, wie Abb. 6c zeigt. Zu den Gesteinen dieser Klasse gehören im wesentlichen Gesteine geringer Festigkeit, die entweder hohe Plastizität oder große Porenvolumina besitzen.

Das Verformungsdiagramm eines sehr plastischen Tons (Kern aus 2500 m Teufe) zeigt Abbildung 7. Da keine allgemeine Zertrümmerung durch Bruch erfolgt, kann man weder die Härte noch den Plastizitätskoeffizienten bestimmen. Als Maß der Härte nimmt man in diesem Fall die Fließgrenze an, und als Wert des Plastizitätskoeffizienten gibt man vorbehaltlich  $\infty$  an. Der verallgemeinerte Kennwert der Bohrfähigkeit kann ebenfalls nur vorbehaltlich errechnet werden, wenn man z. B. die Gesteinsverformung auf einen Wert beschränkt, der der Zerstörungstiefe der plastischen Gesteine der zweiten Klasse gleich ist. In diesem Fall bereitet die Berechnung der Rauminhalte keine Schwierigkeiten. Wie die mechanischen Eigenschaften die Bohrfähigkeit der Gesteine dieser Klasse beeinflussen, ist nur unter Zugrundelegung der Daten aus Bohrversuchen in Gesteinen dieser Art unter Laboratoriums- oder Betriebsverhältnissen festzustellen.

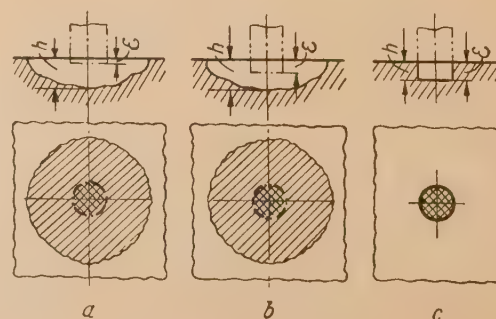


Abb. 6



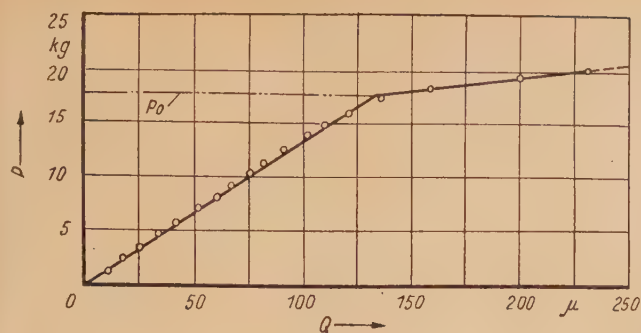


Abb. 7

Ein anderer, sehr wesentlicher Unterschied zwischen den Gesteinen der verschiedenen Klassen besteht darin, daß das Verhältnis  $\frac{h}{\epsilon}$  ( $h$  — Zerstörungstiefe nach dem ersten sprunghaften Einsinken,  $\epsilon$  — die ihm entsprechende Verformung — elastisch und plastisch) bei spröden Gesteinen  $> 5$ , bei sprödpplastischen 2,5 bis 5 und bei Gesteinen der dritten Klasse gleich 1 ist, d. h., im letzten Fall treten keine sprunghaften Veränderungen ein, und die Zerstörungstiefe ist gleich der Verformung (s. Abb. 6a, b und c). Die Größe dieses Verhältnisses hat sehr wesentliche Bedeutung für die Beurteilung des Einflusses, den der zeitliche Faktor auf die Vorgänge der Zertrümmerung der Gesteine beim Bohren ausübt, wie in einer der folgenden Abhandlungen gezeigt werden wird.

Die von uns angewandte Methode der Messung der mechanischen Eigenschaften der Gesteine ist umständlich, besonders bei der Bearbeitung der Versuchsergebnisse. Zur Zeit ist bereits ein Versuchsmodell eines automatischen Registriergeräts fertiggestellt, mit dem es möglich sein wird, die Zeit für die Durchführung der Versuche und die Bearbeitung der Ergebnisse um ein vielfaches zu verkürzen.

#### Klassifikation der Gesteine nach der Härte

##### 1. Gruppe

Kategorie	1	2	3	4	5
Härte, kg/mm <sup>2</sup>	5	5—10	10—25	25—50	50—100

##### 2. Gruppe

Kategorie	6	7	8	9	10
Härte, kg/mm <sup>2</sup>	100—150	150—200	200—250	250—300	300—400

##### 3. Gruppe

Kategorie	11	12	13	14	15
Härte, kg/mm <sup>2</sup>	400—500	500—600	600—700	700—800	$> 800$

#### Klassifikation der Gesteine nach der Plastizität

Klasse	Spröde	Sprödpplastische				Ohne allgemeine spröde Zerbrechlichkeit
Kategorie .....	1	2	3	4	5	6
Plastizitätskoeffizient .....	1	1—2	2—3	3—4	4—6	von 6 bis $\infty$

Die Tabelle veranschaulicht die von uns vorgeschlagenen Klassifikationen der Gesteine nach der Härte und nach der Plastizität. Sie sind provisorisch. Die Einteilung

in die Kategorien muß nach der praktischen Zweckmäßigkeit vorgenommen werden. Daher kann die von uns vorgeschlagene Klassifikation nur in der Praxis nachgeprüft werden.

Nach ihrer Härte werden alle Gesteine in drei Gruppen eingeteilt, und jede Gruppe zerfällt in Kategorien. Zur ersten Gruppe gehören hauptsächlich die Gesteine, die keine allgemeine spröde Zerstörbarkeit zeigten, zur zweiten die sprödpplastischen und zur dritten die spröden. Das bedeutet jedoch nicht, daß man unter den Gesteinen der I. und III. Gruppe nicht auch sprödpplastische und unter denen der II. Gruppe nicht auch spröde Gesteine anträte usw. Die Sedimentgesteine — mit Ausnahme der Quarzite und Flinte — enden mit der zehnten Kategorie, deshalb gehören zur III. Gruppe im wesentlichen die härtesten eruptiven und metamorphen Gesteine.

Der Plastizität nach werden alle Gesteine in sechs Kategorien gegliedert. Die sprödpplastischen Gesteine mit einem Plastizitätskoeffizienten von über 6 werden in die Kategorie 6 eingereiht, weil ihre Zertrümmerung beim Bohren annähernd die gleiche sein wird wie bei Gesteinen ohne allgemeine spröde Zerbrechlichkeit.

Wir führen ein Beispiel an, aus dem hervorgeht, wie stark die Plastizität der Gesteine ihre Bohrfähigkeit beeinflußt. Bei den vom Aspiranten des I. M. GUBKIN-Instituts, HAN TSCHSHIZSJAN, ausgeführten Versuchen über das Bohren mit Rollenmeißeln betrug bei gleicher Druckbelastung und Drehzahl der Bohrfortschritt im Granit 3,1 m/h, dagegen im Marmor 6,4 m/h, d. h., der Bohrfortschritt war im Marmor 2,1 mal so groß wie im Granit, während die Härte des Granits (450 kg/mm<sup>2</sup>) etwa fünfmal so groß ist als die des Marmors (95 kg/mm<sup>2</sup>).

Zieht man aber in Betracht, daß Granit ein sprödes Gestein mit dem Plastizitätskoeffizienten 1 und Marmor ein sprödpplastisches mit dem Koeffizienten 2,25 ist, so läßt sich die vorliegende Unstimmigkeit beseitigen. Die elastischen Eigenschaften sind bei Marmor und Granit ungefähr dieselben.

Das Produkt aus Härte und Plastizitätskoeffizient ist für Granit gleich  $450 \times 1 = 450$  und für Marmor  $95 \times 2,25 = 214$ , d. h., die wahre Bohrfähigkeit des Marmors ist  $2,1 \times$  so groß wie die des Granits, was auch ihrer beider Bohrfähigkeit auf Grund des Bohrfortschritts entspricht.

Selbstverständlich darf man hieraus und ebensowenig aus anderen, uns zur Verfügung stehenden Versuchsergebnissen vorläufig noch keine weitreichenden Schlüsse ziehen. Man kann jedoch annehmen, daß die Bohrfähigkeit der Gesteine von der Plastizität in gleichem Maß wie von der Härte abhängt.

Die wahre Bohrfähigkeit hängt also nicht allein von der Härte ab, wie bisher von vielen Autoren angegeben wurde, darunter von einem der Verfasser der vorliegenden Arbeit (3), sondern von der Gesamtheit der mechanischen Eigenschaften der Gesteine, wie Elastizität, Festigkeit und Plastizität. Es wäre aber falsch, die Vorstellungen vom Einfluß der Härte auf die Vorgänge der Gesteinszertrümmerung zu revidieren, wie W. S. FJODOROW (4) vorschlägt. Man muß diese Vorstellungen präzisieren.

Die Vorgänge der Gesteinszertrümmerung beim Bohren sind tatsächlich kompliziert, da man auch den Grad der dynamischen Wirkung bei der Anwendung der Belastung sowie den zeitlichen Faktor und andere Einflüsse berücksichtigen muß.



sichtigen muß, aber sie hängen alle gesetzmäßig mit den mechanischen Eigenschaften zusammen, die bei statischem Einpressen ermittelt werden können. Die Tatsache, daß die maximalen mechanischen Bohrgeschwindigkeiten in den östlichen und südlichen Gebieten der Sowjetunion sich einander angeglichen haben, beruht durchaus nicht darauf, daß bei der modernen Bohrtechnik die Härte der Gesteine ihre Bedeutung verloren hätte, sondern auf anderen, später zu betrachtenden Ursachen.

Wir bestimmten die mechanischen Eigenschaften einer verhältnismäßig großen Zahl von Gesteinsproben — über 400 — hauptsächlich an Kernen von Gesteinen aus östlichen Erdölvorkommen, teilweise aus der Westukraine und an Einzelproben aus Aserbaidshan und der Gegend von Grosny. Wir geben jetzt eine kurze Beschreibung der mechanischen Eigenschaften einiger Gesteinsarten.

**Kalksteine.** Die Härte der Kalksteine bewegt sich innerhalb sehr weiter Grenzen, und sie kommen in allen Kategorien von 1 bis einschließlich 7 vor. Die Kalksteine mit massiger Struktur gehören zur 7. Kategorie, mit Ausnahme der Marmore, die im wesentlichen zur 6. Kategorie gehören. Die Härte der Kalksteine nimmt bei Zunahme von Porenvolumen und Verwitterungsgrad schnell ab. Die niedrigste, von uns gemessene Kalksteinhärte betrug 2 kg/mm<sup>2</sup> (Kreide).

Alle Kalksteine sind mehr oder minder plastische Gesteine, wobei die Plastizität mit der Abnahme der Korngröße zunimmt. Kalksteine treten mit Ausnahme der ersten in allen Plastizitätskategorien auf.

**Dolomite.** Dolomite, die in größerem oder geringerem Maß von der Verwitterung angegriffen sind und gewöhnlich in den oberen Horizonten lagern, entsprechen in ihrer Härte der 3. bis 6. Kategorie, frische (unverwitterte) Dolomite dagegen in der Hauptsache den Kategorien 8 bis 10 und in seltenen Fällen der 7. Kategorie.

Die Dolomite sind auch sprödeplastische Gesteine. Dolomite mit verhältnismäßig grobem Korn haben geringe Plastizität, man kann sie sogar zu den spröden Gesteinen rechnen. Die feinkörnigen Dolomite gehören nach ihrer Plastizität zur 3. und 4. und die verwitterten zur 5. und 6. Kategorie.

**Sulfatgesteine.** Mehr oder weniger reine Anhydrite gehören zur 6. und 7. Härtekategorie. Mit zunehmender Vergipsung nimmt die Härte der Anhydrite ab, und für Gips geht sie auf 25 bis 30 kg/mm<sup>2</sup> herunter. Nach ihrer Plastizität gehören die Anhydrite zur 3. und die Gipse zur 3. bis 4. Kategorie.

**Sandsteine.** Die von uns untersuchten Quarzsandsteine hatten eine Härte von 20 bis 350 kg/mm<sup>2</sup>, d. h., sie gehören zu den Härtekategorien 3—10. Die Härte der Sandsteine wird im wesentlichen durch die Festigkeit des Bindemittels und durch seine Struktur bedingt. Die Plastizität der Sandsteine bewegt sich auch innerhalb sehr weiter Grenzen, und sie gehören fast allen Plastizitätskategorien an. Dabei muß bemerkt werden, daß sehr oft ein hoher Plastizitätskoeffizient, besonders in nicht zementierten Sandsteinen, nicht auf ihren plastischen Eigenschaften beruht, die sie in Wirklichkeit gar nicht haben, sondern auf dem besonderen Charakter der Verformung beim Einpressen des Stempels.

**Aleurolithe.** Wir haben hauptsächlich Quarzaleurolithe untersucht. Die Härte der von uns geprüften Aleurolithe schwankte von 30 bis 300 kg/mm<sup>2</sup>, d. h. von der 4. bis 9.

Härtekategorie. Die Plastizität der Aleurolithe ist in der Regel gering und in ihrer Mehrzahl gehören sie in die 2. und 3. Kategorie der Plastizität.

**Tongesteine.** Die von uns untersuchten Tone östlicher Lagerstätten hatten im lufttrockenen Zustand eine Fließgrenze von 8 bis 14 kg/mm<sup>2</sup> und zeigten kein sprödes Zerbrechen. Tone vom oberen und mittleren Teil der Oberen Maikopfolge im Bezirk Stary-Grosny haben eine niedrige Fließgrenze (etwa 6 kg/mm<sup>2</sup>) und ebenfalls keine Sprödebrüchigkeit. Die Tone des liegenden Teils der gleichen Folge haben eine höher liegende Fließgrenze und spröde Zerbrechlichkeit.

Die mittlere Härte von Tonschiefern östlicher Vorkommen beträgt 30 kg/mm<sup>2</sup>, ihre Plastizität schwankt zwischen 1,2 und 1,9. Einige Tonschiefer von den Erdöllagerstätten Aserbaidshans haben eine größere Härte — 45 bis 50 kg/mm<sup>2</sup> — und einen höheren Plastizitätskoeffizienten — ~ 3 bis 4. Eine von den gelegentlichen Schieferproben aus dem Donbaß hatte die Härte von 200 kg/mm<sup>2</sup> und einen Plastizitätskoeffizienten von ~ 3.

Von anderen Gesteinen wurden die mechanischen Eigenschaften reinen Flints, von Graniten und Quarziten untersucht, darunter auch die der härtesten, die in die Klasse der spröden Gesteine gehören. Die Härte des Flints beträgt 600 kg/mm<sup>2</sup>. Granite gehören zur 10. bis 12. Härtekategorie, Quarzite zur 12. bis 15. In die 12. Kategorie gehören aber eigentlich nicht Quarzite, sondern Sandsteine vom Typus des Himbeerquarzits von Schokhscha. Eine Härte von über 800 kg/mm<sup>2</sup> besaß nur ein einziger Quarzit. Offenbar ist bei Gesteinen eine Härte von mehr als 800 kg/mm<sup>2</sup> eine verhältnismäßig seltene Erscheinung.

### Literatur

1. SCHREINER, L. A.: Die Härte spröder Körper. — Herausg. Akad. Wiss. UdSSR, 1949.
2. SCHREINER, L. A. & O. P. PETROWA: Ein Verfahren zur Bestimmung der plastischen Eigenschaften der Gesteine. — Ber. Akad. Wiss. UdSSR, Bd. 46, H. 3, 1954.
3. SCHREINER, L. A.: Die physikalischen Grundlagen der Mechanik der Gesteine. — Gostoptechizdat, 1950.
4. FJODOROW, W. S.: Über die Zertrümmerung der Gesteine beim Niederbringen von Bohrungen. — „Erdölwirtschaft“ (russisch), Nr. 4, 1955.

### Petrochemie im kapitalistischen Europa<sup>1)</sup>

Dem Beispiel der USA folgend, befindet sich die Petrochemie in Westeuropa in zunehmendem Aufbau. Bisher gibt es nur in Westdeutschland, Frankreich, England, Italien und den Niederlanden petrochemische Betriebe. Nachdem sich in der Bundesrepublik die IG-Farbenindustrie nach Durchbrechung des Koks- und Kokereigasmonopols von der rohstofflichen Abhängigkeit befreit hat, dürfte in Kürze Westdeutschland führend auf dem petrochemischen Gebiet werden. Dabei ist die Entwicklung unter Ausnutzung der Erdgasbasis vornehmlich auf die Erzeugung von Polyäthylen und synthetischem Kautschuk ausgerichtet. In Frankreich wird am Unterlauf der Seine eine Neuanlage errichtet, in der auf der Basis von Raffineriegasen synthetischer Kautschuk und Waschmittelrohstoffe produziert werden sollen.

Italien baut bei Ravenna ein Großwerk zur Erzeugung von synthetischem Kautschuk auf Erdgasbasis. Die Niederlande wollen ihre Produktion an Waschmitteln, Kunststoffen und Chemikalien für die Landwirtschaft erhöhen. Belgien will 1957 eine Anlage bei Antwerpen errichten, die Äthylendioxyd, Azeton, Phenol sowie Rohstoffe für synthetische Waschmittel erzeugen soll. England steht in Westeuropa an der Spitze der Petrochemie. Es erzeugte 1955 bereits 177 000 t petrochemische Produkte. Besonders soll die Produktion von Äthylalkohol, Waschmittelrohstoffen, Polyäthylen und Butadien erhöht werden.

<sup>1)</sup> Unter Petrochemie (seltener auch als Petrolchemie bezeichnet) versteht man den Zweig der modernen Großchemie, der Erdöl oder Erdgas als Grundstoff verwertet.



# Über die Verrohrung der Bohrungen<sup>1)</sup>

Von G. T. OWNATANOW, Moskau

Viele Bohrlöcher fielen in der Vergangenheit durch Bruch, Stauchung der Rohrtouren und Verletzung des Zementrings aus. Im Zusammenhang damit wurden zur „Rückversicherung“ offensichtlich zu hohe Sicherheitskoeffizienten bei der Berechnung der Rohrtouren eingesetzt.

Wenn man eine „Rückversicherung“ von lediglich 1 mm erhöhter Wandstärke der Rohre zuläßt, so entspricht das bei den im VI. Fünfjahrplan niederzubringenden Bohrungen etwa 200000 t hochwertigsten Stahls, wie berechnet wurde.

Zwischen der UdSSR und den USA gibt es hinsichtlich der Teufen der niederzubringenden Bohrungen keine besonderen Unterschiede. Die Rohrwalzwerke der USA produzieren indessen 70 genormte Typenabmessungen von Bohrrohren; darüber hinaus stellen die Werke auf besondere Bestellung der Bedarfsträger noch eine große Zahl von Rohren her.

Im Staatsstandard (GOST) der Sowjetunion sind nur 43 Typenabmessungen der Rohre vorgesehen, tatsächlich stellen die Werke aber wesentlich weniger her.

Bekanntlich werden in der Sowjetunion 15–20% der Gesamtkosten der Bohrungen für die Bohrrohre aufgewandt. Daraus geht hervor, welche große volkswirtschaftliche Bedeutung die Verrohrung besitzt.

Die von A. A. LINEWSKI<sup>2)</sup> angeführten Tatsachen zeigen die negativen Auswirkungen eines Förderbetriebs, der zuließ, daß große Mengen von Sand mit hochgebracht wurden. In dieser Periode wurden die Düsen nicht nach Zehntelmillimetern, wie heute, gemessen, auch nicht nach Millimetern, sondern nach Zoll.

Die Erdölförderung aus diesen Bohrungen wurde auf maßlos hohe Werte gesteigert, bedeutend mehr als zulässig. Zusammen mit Erdöl und Gas wurde bei einer Eruption eine sehr große Menge Sand ausgeworfen. Dabei blieb vom unteren Teil der Rohrtour nichts mehr übrig.

Bei der Inbetriebnahme von Bohrungen, die aus den unteren Abteilungen der produktiven Schichtenfolge förderten, bestand die Praxis, unter Anwendung aller möglichen Mittel äußerst scharfe Depressionen zu schaffen. Dabei wurde die bohrlochsohlennahe Zone der Schicht blitzartigen Belastungen mit wechselndem Vorzeichen ausgesetzt (Stöße, übermäßige Toleranzen der zweiten Rohrtour, große Stützen, doppelte Drücke, Durchblasungen des hinter dem Rohr gelegenen Raums u. a.). Die Produktivmachung der Bohrung A erfolgte z. B. bei einer aufgehängten Steigleitung von 600 m und einem Stützen von 11 mm Durchmesser; bei diesen Parametern begann das Bohrloch Anzeichen einer allmählichen Verstärkung des Zuflusses zu zeigen. Die Arbeiter des Förderbetriebs zeigten jedoch gewöhnlich in diesen Fällen äußerste Ungeduld<sup>3)</sup>. Die Steigleitung wurde um 100 m verlängert und der Durchmesser des Stützens auf 15 mm erhöht. Nach erfolgtem Durchpressen hielt

sich der Druck 10 Minuten lang auf 35 at und fiel dann jääh ab. Es bildete sich ein Pfropfen. Beim Hochziehen der ersten Rohrtour zeigte sich eine wellenförmige Verbiegung eines der unteren Doppelrohre; die Rohrtour brach durch.

Es ist allgemein bekannt, daß der Ausfall von Rohrtouren in Busowny (Halbinsel Apscheron) katastrophale Formen annahm. „In der PK-Folge“ — berichtet A. A. LINEWSKI — „wurden 28% und in der KS-Folge 39% der Rohrtouren beschädigt“. Ferner: „... der Schichtdruck in den Horizonten PK<sub>1</sub>, PK<sub>2</sub> und PK<sub>3</sub> ... ist etwa der gleiche, aber Fälle einer Beschädigung der Rohrtouren gab es im PK<sub>3</sub>-Horizont nicht, weil hier das Gestein stark zementiert ist“.

Es handelt sich darum, daß die KS-Folge in Busowny in einer Mächtigkeit von 250 m aus Tonen und Sanden in feiner Wechsellagerung besteht. Die Mächtigkeiten von Tonen und Sanden verhalten sich etwa wie 1:1.

In der PK-Folge sind bedeutend weniger tonige Zwischenlagen als in der KS-Folge, und im PK<sub>3</sub>-Horizont fehlen sie ganz. Der Aufschluß der KS-Folge ging nicht selektiv vonstatten, deshalb konnten die plastischen Eigenschaften der Tone während der Bohrarbeiten und die Entlastung des Gebirgsdrucks durch Störung des Gleichgewichts im Schichtensystem der bohrlochsohlen-nahen Zone im Ausfall der Rohrtouren in dieser Folge zum Ausdruck kommen.

In anderen Fällen, in denen die plastischen Eigenschaften der Tone nicht in Erscheinung traten, stürzten die Bohrlochwandungen infolge großer Depressionen ein.

A. A. LINEWSKI bestreitet die Möglichkeit eines Nachfalls und der Bildung von Kavernen mit einer hierfür allerdings unglücklichen Berufung auf Staudämme, jedoch besagen die Tatsachen etwas anderes. Von der in der Baschkirischen ASSR gelegenen Lagerstätte Tui-masy (feste Gesteine) berichtet A. P. AGISCHEW: „In der Bohrung 157 begann die Entstehung von Kavernen mit dem Nachfall der tonigen Zwischenschichten beim Swabben mit dem Packer; dann griff der Nachfall auf die Sandsteinzone über. Ähnliche Nachfälle wurden in den Bohrungen 174, 177, 323, 519 und in der Bohrung 57 (Ascheschlucht) festgestellt.“

Im PK<sub>3</sub>-Horizont in Busowny wirkte auf die Erhaltung der Rohrtouren neben der Gesteinszementierung die Durchführung der Flutung (und das ist die Hauptsache) außerhalb des Umrisses ein.

Der Ausfall der Bohrungen in Busowny kann folgendermaßen erklärt werden:

1. Die Produktivmachung der Bohrlöcher erfolgte in der betreffenden Periode ohne „allmähliches Anlaufenlassen der Bohrung“ bei Zulassung großer Depressionen, besonders im Anfang. Nicht selten wurde Flüssigkeit durch den hinter den Rohren liegenden Raum gepreßt.
2. Es wurden hohe Normen der Förderung bei Mitnahme großer Sandmengen zugelassen.
3. Die Ausbeutung aller Horizonte (außer beim PK<sub>3</sub>-Horizont) erfolgte ohne Aufrechterhaltung der Schichtdrücke.

<sup>1)</sup> Gekürzt aus „Erdölwirtschaft“ (russisch), Moskau, Nr. 12, 1955.

<sup>2)</sup> Bezugnahme auf einen in der „Erdölwirtschaft“ veröffentlichten Aufsatz.

<sup>3)</sup> Die bei der Inbetriebnahme der Bohrungen auftretende Ungeduld beeinflusste stark alle damals angewandten Methoden zur Inbetriebnahme von Bohrungen.



4. Die wiederholte Untergliederung der KS-Folge in einzelne Zwischenschichten ergab große Filtrationsgeschwindigkeiten in der bohrlochsohlennahen Zone.
5. Der Einfluß der plastischen Eigenschaften der Tone und die Möglichkeit ihres Nachfalls bei hohen Depressionen wurden ungenügend berücksichtigt; es erfolgte keine selektive Perforation der sandigen Zwischenschichten.
6. Es existierte eine Vorliebe für die Förderung mit Hilfe von Kompressoren. Dieses Verfahren wurde oft bei Bohrlöchern angewandt, die für diese Fördermethode ungeeignet waren.

Bekanntlich wurde durch die Erweiterung der Filter in der KS-Folge sowie durch andere technische Maßnahmen (Stutzen mit kleiner Abmessung 4–5–6 mm, allmähliches Anlaufenlassen der Bohrungen, Umstellung eines Teils der Kompressorenbohrungen auf Tiefenpumpenbetrieb, Automatisierung der Kompressorenbohrungen, Einspritzen von Zementbrühe in die die Bohrlochssole umgebende Schicht u. a.) die Zahl der Pfropfenbildungen und Betriebsschäden an den Rohrtouren in letzter Zeit in diesem Rayon wesentlich herabgesetzt.

Die angewandten Methoden zur Ausbeutung der Erdöllagerstätten und zum Betrieb der Bohrungen führten zu folgenden negativen Erscheinungen:

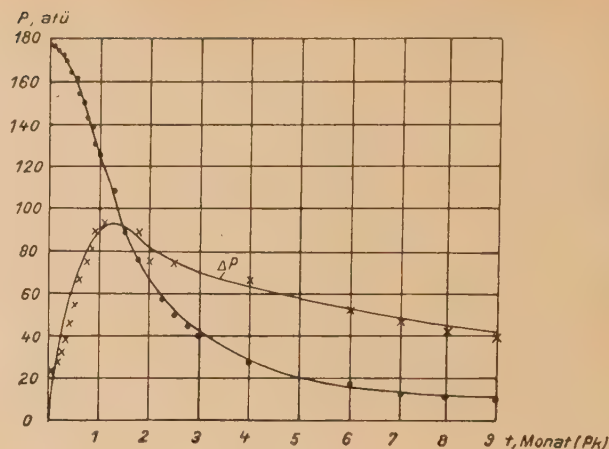
1. Jähres Absinken der Förderleistungen der Bohrungen (s. Tabelle). Der Leistungsabfall einer hochergiebigen Gruppe von Bohrungen betrug bis zu 50–60% im ersten Betriebsjahr; daher mußte der Förderausfall der in Betrieb befindlichen Bohrungen durch Inbetriebnahme neuer ausgeglichen werden.

2. Jähres Absinken des Schichtdrucks (s. Figur). Hohe Erdölentnahmenormen aus den Bohrungen, Verbrauch bedeutender Schichtenenergiequellen und damit zusammenhängende große Depressionen wurden nicht durch Energien von außen ausgeglichen. Die Ausbeutung der Erdöllagerstätten erfolgte ohne Aufrechterhaltung des Schichtdrucks.

Im Bestreben, die gestellten Förderungsnormen zu halten, wurden die Stutzendurchmesser vergrößert. Der größte Teil dieser Bohrungen ging, nachdem er 1–1,5 Jahre eruptiv betrieben wurde, zur Förderung mit Hilfe von Kompressoren über, bei der das Arbeitsregime der Bohrungen auf Kosten der Vergrößerungen der Liftlänge (Versenkungstiefe) weiter forciert wurde. Da sich jedoch mit der Vergrößerung der Liftlänge der prozentuale Anteil seiner Versenkung vermindert (beim Fallen des Schichtdrucks), so ging hierbei der Wirkungsgrad des Lifts schnell zurück. Die Zeitdauer der forcierten Förderung betrug vom Beginn der Inbetriebnahme neuer Bohrlöcher in den meisten Fällen nicht mehr als 2–2,5 Jahre.

3. Häufige Unterbrechungen der Förderung, Wasser einbrüche, Schäden an den Pumpen-Kompressorrohren und Verbiegungen der Bohrrohre. Die forcierte Förderung wurde vom Ausbringen großer Sandmengen begleitet, und damit hingen häufige Betriebsunterbrechungen infolge Pfropfenbildung zusammen. Auf vielen Erdölfeldern, auf denen derartige Bohrungen standen, befand sich manchmal über die Hälfte aller neuen Bohrlöcher in Untertage- und Generalreparatur<sup>4)</sup>. Dadurch wird

<sup>4)</sup> In dieser Zeit war der Wirkungsgrad des Bohrlochs fonds äußerst niedrig.



auch erklärlich, daß die größte Zahl der Betriebsstörungen wegen der Rohrtouren im ersten (66,8%) und zweiten (27,2%) Betriebsjahr der Bohrungen eintrat.

Die „Vorschriften für den technischen Betrieb von Bohrungen“ untersagen jetzt die Aufnahme der Förderung aus Erdöllagerstätten, wenn die Aufrechterhaltung des Schichtdrucks und der Übergang vom Regime der Flüssigkeitsbewegung in der Schicht in den zweiphasigen Zustand nicht gewährleistet sind; sie fordern, daß ein Gleichgewicht der Energieresourcen der auszubeutenden Schichten erreicht wird. Durch die Vorschriften wird festgelegt: Schaffung eines Regimes für eruptive sowie Kompressorenbohrungen, welches unter Berücksichtigung der natürlichen Verhältnisse des Lagers das Ausbringen von Sand äußerst einschränkt oder überhaupt nicht zuläßt; Organisierung einer sorgfältigen Mengenkontrolle aller mechanischen Beimengungen in der Förderung der Bohrlöcher und vorbeugende Maßnahmen, die ihr Anwachsen verhindern (turnusmäßige Kontrolle der Stutzen, Befestigung der Gesteine in der bohrlochsohlennahen Zone durch Lösungen und Teer, Kiesfilter u. a.).

Verweilen wir beim Charakter der dynamischen Vorgänge, die die Filter- und Vorfilterteile der Rohrtour deformieren. Die Analyse des vorliegenden Tatsachenmaterials gestattet die Annahme, daß in den Bohrungen, deren Profil aus lockeren Sanden besteht (entsprechend ihrer Beschaffenheit, dem Schichtdruck und dem Zustand der Gesteine in der bohrlochsohlennahen Zone) in einer bestimmten Periode eine einzige Depression existiert (nennen wir sie kritische Depression<sup>5)</sup>); wenn ihre Größe überschritten wird, entsteht eine Bewegung großer Sandmassen, die bisweilen zu Schwimmsanden entarten können.

Wir bestimmen die Größe der kritischen Depression nach den Unterlagen einer typischen Bohrung des Asisbekower Erdölbetriebs (s. Tabelle und Abb. 1).

Die Bohrung wurde Anfang 1937 ohne Schwierigkeiten in der Anlaufzeit in Betrieb genommen. Sie ging gleich auf eruptive Förderung mit Stutzen von 7/8" Durchmesser über. Die Tagesförderrate betrug 180 m<sup>3</sup>, mechanische Beimengungen waren kaum zu beobachten. Bereits

<sup>5)</sup> Es muß berücksichtigt werden, daß sich der Wert für die kritische Depression im Exploitationsprozeß der Bohrlöcher und der ganzen Schicht im Zusammenhang mit den Strukturveränderungen des Porenraums in der bohrlochsohlennahen Zone und der gegenseitigen Lage der Körner des Schichtenskeletts sowie dem Zustand des Schichtenhangenden und des Wasserkontaktes (dem Schichtenwasser und dem fremden) im Laufe der Zeit verändert. Er verändert sich gleichfalls durch die Anwendung von Mitteln zur Befestigung des Schichtenskeletts der bohrlochsohlennahen Zone.



zu Beginn des vierten Betriebsmonats erhöhte sich der prozentuale Sandanteil in der Flüssigkeit und erreichte schließlich 8–10%; vom Sand wurden die Düse und der Druckrohrstutzen zerfressen. Im Verlauf des ersten Betriebsjahres der Bohrung wurden die Pfropfen viermal gespült und die erste Rohrreihe bewegt. Bei der nächsten Stilllegung des Bohrlochs Anfang 1938 wurde im Filterbereich eine Deformation der Rohrtour festgestellt.

Stellen wir eine Kurve des Leistungsabfalls für die Bohrung  $-P_k = f(t)$  — und eine Depressionskurve  $\Delta P = f(P_k)$  auf; hierzu benutzen wir die Formeln ZAREWITSCHS für das Regime des gelösten Gases:

$$P_k = P_0 \frac{q_0 \left( \frac{s}{c} - 1 \right) + 1}{q \left( \frac{s}{c} - 1 \right) + 1} \cdot e^{-\frac{1}{\varepsilon} \int_{s_0}^q \frac{\psi(q) + a}{q \left( \frac{s}{c} - 1 \right) + 1} dq} \quad (1)$$

Hierbei bedeuten:  $P_k$  — Druck auf den Umriß;  $q$  — Sättigung des Porenraums mit der flüssigen Phase;  $\varepsilon = \frac{\mu_g}{\mu_e}$  — Verhältnis der Gasviskosität zur Viskosität des

Erdöls;  $\frac{s}{c}$  — Raumfaktor der Gaslösung in der Flüssigkeit;  $a = \frac{s}{c} \varepsilon$ ;  $\frac{F_g(q)}{F_e(q)}$  — Verhältnis der Durchlässigkeit des porösen Mediums für Gas und seiner Durchlässigkeit für die Flüssigkeit (die aus Versuchen bekannte Funktion von  $q$ );  $P_0$  und  $q_0$  — Anfangswerte für Druck und Sättigung;

$$q = \frac{2 \pi k_0 h \xi (\bar{H}_k - \bar{H}_c)}{\mu_e \ln \frac{r_k}{r_c}} = \frac{2 \pi k_0 h P_0 \xi (\bar{H}_k - \bar{H}_c)}{\mu_e \ln \frac{r_k}{r_c}} \quad (2)$$

Hierbei bedeuten:  $h$  — effektive Mächtigkeit;  $k_0$  — absolute Durchlässigkeit;  $\xi$  — der Gasfaktor  $G_\varepsilon$ ;  $\bar{H}_k$  — Funktion S. A. CHRISTIANOWITSCHS für den Einzugs-umriß;  $\bar{H}_c$  — dasselbe an der Bohrlochsohle;  $r_k$  — der Radius des Einzugsrisses;  $r_c$  — Bohrlochradius.

Die Lösung<sup>6)</sup> bringen wir in Tabellenform.

Aus der Tabelle geht hervor, daß die kritische Depression dieses Bohrlochs im Bereich bis zu 9 at lag.

Sand zeigte sich in der Förderung des Bohrlochs bei dieser Depression in unbedeutenden Mengen. Anfang des Jahres 1938 wurde die Depresssion im Bohrloch auf die maximale Größe von 23,22 at gebracht, bei welcher die Deformation der Rohrtour erfolgte.

Das durch eine erhöhte Depression in Bewegung gebrachte Gestein, welches unter der Spannung des Gebirgsdrucks stand, war die Stoßkraft, die die Deformation der Rohrtour hervorrief<sup>7)</sup>.

<sup>6)</sup> Die Berechnungen wurden von dem wissenschaftlichen Mitarbeiter des Wissenschaftlichen Forschungsinstituts der UdSSR G. W. KLJAROWSKIJ sowie Ing. I. M. KOF ausgeführt.

<sup>7)</sup> Wir hatten Gelegenheit, in der Nähe von Erdöllagerstätten (Baku-Kaganowitsch-Erdöl, West-Ukraine, Malgobek u. a.) zu beobachten, wie durch Gesteinsbewegungen an der Oberfläche (Erdbeben) in einigen Bohrlöchern die Bohrrohr Touren direkt abgeschnitten wurden.

Zeit			$q_H$ m <sup>3</sup> /24 Std.	$P_k$ at	$P_c$ at	$\Delta P = P_k - P_c$
Jahr	Quartal	Monat				
1.		1	200	177,75	171,95	5,8
		2	170	175,39	168,28	7,11
		3	150	172,93	164,81	8,12
		4	140	169,69	160,63	9,06
		5	130	165,51	153,86	11,65
		6	122	161,66	147,82	13,84
		7	116	155,41	138,46	16,95
		8	108	149,87	133,22	16,65
		9	100	143,57	124,72	18,85
		10	94	138,94	118,66	20,28
		11	86	131,40	109,06	22,34
		12	80	126,00	105,75	20,25
2.	I		70	108,32	85,10	23,22
	II		60	89,32	67,73	21,59
	III		50	76,52	54,47	22,05
	IV		40	67,25	48,19	19,06
3.	I		35	58,43	39,40	19,03
	II		30	50,24	31,49	18,75
	III		25	45,16	26,49	18,67
	IV		20	40,48	22,46	18,02
4.			18	28,73	12,33	16,40
5.			16	20,47	5,97	14,50
6.			14	16,61	3,39	13,22
7.			12	13,23	1,51	11,72
8.			10	11,38	0,73	10,65
9.			9	10,26	0,26	10,00
10.			8			

Im Moment der Verformung der Rohrtour wurde die Spannung folglich durch die Größe des Gebirgsdrucks bestimmt.

Die Unbestreitbarkeit der charakterisierten physikalischen Vorgänge in der bohrlochsohlennahen Zone bei der Deformation wird durch folgende Tatsachen bestätigt:

1. Deformationen der Rohrtouren sind nicht zu beobachten, wenn man bei der Produktivmachung die Bohrungen allmählich anlaufen läßt und bei der Arbeit die Depression nicht bis zur kritischen steigert, sondern von den geringsten Werten bis zu den zulässigen (die unter den kritischen liegen), die für das technische Regime festgelegt sind. Gerade deshalb wurde die Methode des allmählichen Anlauflassens bei Bohrungen, die aus Schichten fördern, welche sich aus lockeren Gesteinen zusammensetzen, zur einzigen Methode der Produktivmachung bei allen Förderungsarten.

2. In Lagerstätten, die in der Vergangenheit häufig Deformationen der Rohrtouren aufwiesen (im ersten Jahr 66,8%, im zweiten Jahr 27,2%), sinkt mit dem Fallen des Schichtdrucks, wenn dieser quantitativ die Größe der kritischen Depression erreicht (in unserem Falle im 6. Betriebsjahr — s. Tabelle), in jeder Bohrung auch die Zahl der Betriebsstörungen an den Rohrtouren entsprechend. Mit dem weiteren Fallen des Schichtdrucks, wenn dieser hinsichtlich der Größe unter den Druck der kritischen Depression absinkt, gibt es keine Betriebsstörungen an den Rohrtouren mehr.

Aus der Analyse kann man folgern, daß die Deformation der Rohrtour keine von dem gesamten Förderprozeß losgelöste Erscheinung ist, sondern eine der Auswirkungen der natürlichen Bedingungen, der angewandten



Mittel und Methoden zur Ausbeutung der Lagerstätte  
und der Exploitation der Bohrlöcher insgesamt.

Bei den Vorschlägen von Rohrtourberechnungsmethoden, welche die natürlichen Bedingungen des Lagers berücksichtigen sollen, sind folgende Gesichtspunkte zu beachten:

1. Bei der Projektierung der Ausbeutung neuer Lagerstätten unter Aufrechterhaltung des Schichtdrucks durch Flutung außerhalb des Umrisses wird für jede Reihe der produktiven Sonden eine andere Exploitationszeit vorgesehen (10—15 Jahre für die erste und 25—30 Jahre für die dritte bis vierte Reihe). Selbstverständlich müssen die Rohrtouren entsprechend der vorgesehenen Betriebsdauer berechnet werden.

2. Im Zusammenhang mit den neuen Methoden zur Ausbeutung von Erdöllagerstätten wurden die Bohrziele jetzt wesentlich erweitert: anstelle der Erkundungs- und Exploitationsbohrungen werden jetzt noch Druckbohrlöcher gebohrt, Bohrlöcher zur Beobachtung, piezome-

trische und andere. Bei der Lösung von Fragen, die mit den Belastungen und den Wandstärken der Rohrtouren zusammenhängen, muß dieser Umstand beachtet werden, besonders bei Erkundungs- und Druckbohrlöchern.

3. Die sich überall in den Förderbetrieben verbreitenden Methoden zur Erhöhung der Filtrationsfähigkeit und zur Befestigung der bohrlochoslennahen Schichtzone — physikalisch-chemische Behandlung, hydraulische Sprengung, Befestigung mit Zementbrühe und Teer, Kiesfilter — stellen jede für sich Anforderungen an die Verrohrung, zum Teil auch an ihre Haltbarkeit und Widerstandsfähigkeit bei der Arbeit im korrodierenden Medium.

## Literatur

1. LINEWSKI, A. A.: Über die Methoden zur Bestimmung der äußeren Belastung der Rohrtouren. — „Erdölwirtschaft“, (russisch), Nr. 8, 1955.
2. GERSEWANOW, N. M.: Die Grundlagen der Grundwasserdynamik. — Vereinigter wissenschaftlich-technischer Staatsverlag, 1937.
3. TERZAGHI, K.: Ingenieurgeologie. — Staatsverlag für Erdölgeologie, 1934.

# Fortschritte im amerikanischen Bohrwesen

In den Bohrbetrieben der USA weisen die Material- und Arbeitskosten eine ständig steigende Tendenz auf. Das „Oil and Gas Journal“ vom 23. 7. 1956 veröffentlichte auf S. 82–85 eine Reihe von Erfahrungen, die Bohrbetriebe im Perm-Becken von Westtexas gemacht haben. Es sind dort zum Teil recht zähe Gesteine, wie Hornsteine, zu durchbohren. Das kann auf die Dauer nur rentabel geschehen, wenn der Bohrprozeß durch Rationalisierungsmaßnahmen ständig verbessert wird.

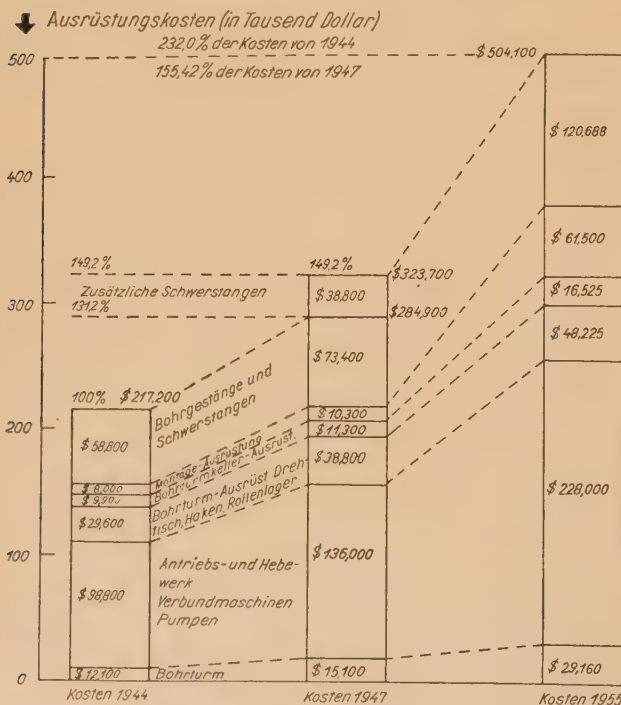


Abb. 1. Die Kapitalinvestition für eine schwere Westtexas-Bohranlage ist seit 1944 um durchschnittlich 12% pro Jahr angestiegen. Der Bohrpreis pro Fuß ist der gleiche geblieben oder ist niedriger geworden.

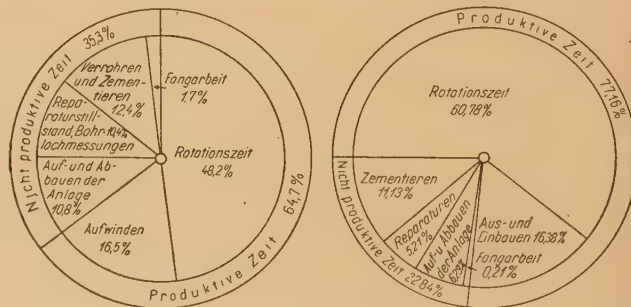


Abb. 2 u. 3. Die produktive Zeit (productive time) bei einem Westexas-Bohrgerät betrug (Abb. 2, links) im Jahre 1947 64,7% und ist bis zum Jahre 1955 (Abb. 3, rechts) auf 77,2% angestiegen. Die Verkürzung der Stillstandszeiten und der Zeiten für das Auf- und Abbauen der Bohranlagen haben diese rationeller gemacht.

Abb. 1 zeigt, daß die Kosten für ein schweres Bohrgerät von 1944 bis 1955 jährlich um etwa 12% gestiegen sind. Dabei sind die Bohrmeterpreise innerhalb dieses Zeitraums die gleichen geblieben und zum Teil sogar gesunken.

1944 kostete ein komplettes Rotarygerät — 4000 m Teufenkapazität — mit Bohrgestänge 217000 Dollar; 1955 waren die Kosten auf  $\frac{1}{2}$  Million Dollar angestiegen, wobei ein Teil des Mehrbetrages auf die Kosten für eine zusätzliche Ausrüstung der Geräte mit Schwerstangen entfällt. Die Lohnkosten stiegen seit 1951 um 35% (von 258 auf 336 Dollar) und die Kosten für Brennstoffe, Wasser, Transport, Schmiermittel usw. erhöhten sich um 20—25%. Diese Kosten erhöhungen konnten nur durch Verbesserung des Wirkungsgrades und durch schnelleres Bohren wettgemacht werden.

Aus den Abb. 2 und 3 geht hervor, daß man im Perm-Becken von Westtexas die produktive Bohrzeit, die 1947 64,7% (Abb. 2) der Gesamtbohrzeit betragen hatte, auf 77,16% (Abb. 3) heraufsetzen konnte. Bessere Instandhaltungsverfahren, wie die sorgfältige Kontrolle der



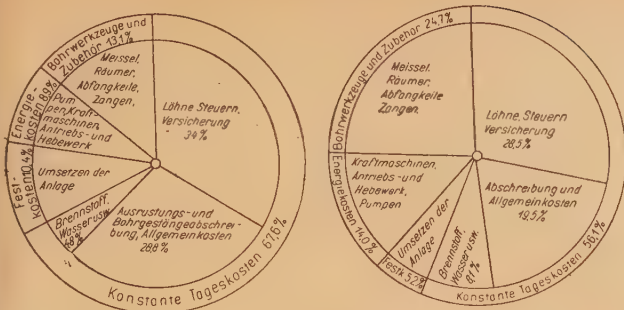


Abb. 4 u. 5. Die Bohrkostenunterschiede zwischen 1947 (Abb. 4, links) und 1955 (Abb. 5, rechts) zeigen die wachsende Bedeutung der Kosten für Bohrmeißel, Aufwinde- (Hebe-) Ausrüstungen und Energie. Obgleich die tatsächlichen Ausgaben für Löhne, Ausrüstungskapitalabschreibungen und Allgemeinkosten gestiegen sind, ist ihr prozentualer Anteil an den Gesamtkosten gesunken.

Schwerstangen, haben die Reparaturzeit auf die Hälfte (von 10,4 auf 5,21%) herabgesetzt und eine beträchtliche Kürzung (von 1,7 auf 0,21%) der für Fangarbeiten verlorenen Zeit herbeigeführt. Die für das Auf- und Abbauen der Bohranlage erforderliche unproduktive Zeit ist von 10,8 auf 6,29% reduziert worden.

Die Abb. 4 und 5 zeigen im Vergleich zwischen 1947 und 1955 die wachsende Bedeutung der Kosten für Bohrmeißel, Hebeausrüstungen und Energie. Obgleich die tatsächlichen Kosten für Ausrüstungs- und Bohrgestängeabschreibung und allgemeine Ausgaben gestiegen sind, konnten sie von 28,8% im Jahre 1947 (Abb. 4) auf 19,5% im Jahre 1955 (Abb. 5) gesenkt werden.

Von dem Bestreben, die für das Niederbringen einer Bohrung benötigte Zeit zu verkürzen, zeugt das Zeit-Teufen-Diagramm (Abb. 6), aus dem der während einer bestimmten Zeit erzielte ansteigende Bohrfortschritt ersichtlich ist.

Bei der ersten Bohrung (A), die in einem Feld niedergebracht wurde, erreichte man die 9000-Fuß-Teufe in 63 Tagen. Bei der zweiten im gleichen Feld niedergebrachten Bohrung (B) war man in der Lage, die Bohrzeit auf 49 Tage herabzusetzen. Für eine dritte Bohrung (C) brauchte man nur noch 39 Tage.

Die bei der zweiten Bohrung erreichte bessere Zeit ist in der Hauptsache auf eine vermehrte Energieausrüstung der Bohranlage und die Belastung der Bohrgarnitur mit zusätzlichen Schwerstangen zurückzuführen, während

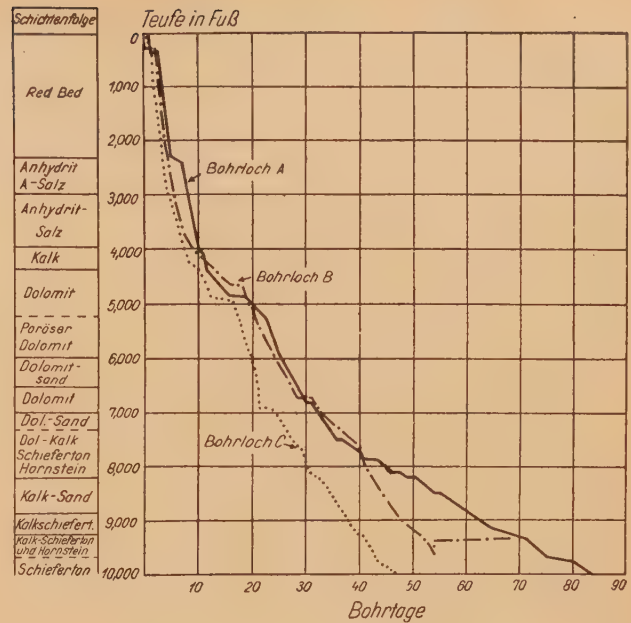


Abb. 6. Am Beispiel von drei im gleichen Gebiet niedergebrachten Bohrungen (A, B und C) wird die durch größere Energieaufwendung und bessere Ausnutzung der ingenieurtechnischen Erkenntnisse erreichte Verkürzung der Bohrzeit gezeigt. Nur durch schnelleres Bohren kann man mit den steigenden Kosten Schritt halten.

der erneute Zeitgewinn bei der dritten Bohrung durch bessere ingenieurtechnische Planung und Auswertung der durch die vorausgegangenen Bohrungen gewonnenen Kenntnis der Schichtenfolgen erzielt worden ist. Bemerkenswert ist auch die Tatsache, daß die Zahl der pro Bohrung verbrauchten Meißel beträchtlich gesenkt werden konnte“ (s. Tabelle).

	Bohrung A		Bohrung B		Bohrung C	
	Zahl der verbrauchten Meißel	Teufe in Fuß	Zahl der verbrauchten Meißel	Teufe in Fuß	Zahl der verbrauchten Meißel	Teufe in Fuß
17 1/4 in.	1	346	1	348	1	360
12 1/4 in.	14	4 861	16	4 555	14	4 885
8 3/4 in.	70	9 372	56	9 357	35	9 431
	(71 Tage)		(53 Tage)		(41 Tage)	
	100	10 747			56	10 758
	(98 Tage)				(55 Tage)	

### Tiefen der Schächte im Steinkohlenbergbau

Die durchschnittlichen Schachtteufen betragen in:

USA	60 m
Großbritannien	360 m
Polen	420 m
Frankreich	500 m
Belgien	600 m
Ruhrgebiet	760 m

Von der Gesamtförderung des Ruhrgebietes stammen 37 % aus Teufen von 700–900 m und 13 % aus Teufen von mehr als 900 m. Bei 147 westdeutschen Zechen trifft man folgende Teufen an:

39 Schächte fördern aus Teufen bis zu 500 m, 41 aus Teufen zwischen 500 und 700 m, 53 aus Teufen zwischen 700 und 900 m und 14 aus Teufen über 900 m. Auf der 1035 m Sohle der Zeche Westphalen im Ahlener Revier herrschen 44° Wärme.

1000 m Förderschacht kosten 50–70 Mill. Mark. Über die 1250 m Grenze hinaus hat man in der Bundesrepublik hinsichtlich der Kosten wie auch der Betriebssicherheit noch keinerlei Erfahrungen.

E.

### Aus dem jugoslawischen Braunkohlenbergbau

Dem Wirtschaftsteil der „Brennstoff-Chemie“ 1956, S. 73, entnehmen wir:

„Neues Braunkohlenvorkommen in Jugoslawien

Nach Abschluß umfassender Vorbereitungsarbeiten und wissenschaftlicher Untersuchungen soll jetzt mit dem Abbau der Braunkohlenvorkommen (schätzungsweise 4,5 Mrd t) von Kosovo und Metohija begonnen werden. Etwa ein Drittel kann im Tagebau bis zu einer Tiefe von 50 m hereingewonnen werden. Die Jahresförderung wird auf 2,5 Mill. t geschätzt, das entspricht etwa der Hälfte der jugoslawischen Jahresproduktion. In der Nähe der Braunkohlenlagerstätte soll ein Kraftwerk mit einer Jahresleistung von 500 Mill. kWh errichtet werden. Eine Separations- und Trockenanlage für die Weiterverarbeitung der Braunkohle ist ebenfalls projektiert. Die gesamte industrielle Ausrüstung liefert die Sowjetunion, die Jugoslawien die notwendigen Kredite eingeräumt hat. Der Zinssatz beträgt 2%. In der unmittelbaren Umgebung von Zagreb (Kroatien) sind neuerdings in Teufen von 10 bis 15 m ebenfalls Braunkohlenlager (etwa 30 Mio t) entdeckt worden.“ L.



## Zur Frage der Nachwuchsausbildung

Von RUDOLF HOHL, Leipzig

Während bisher die Diskussionen um das Für und Wider von Lehrplänen bzw. deren speziellen Inhalt bei der Ausbildung unseres geologischen Nachwuchses an unseren Universitäten und der Bergakademie Freiberg nur in engerem Rahmen geführt wurden, scheint es an der Zeit, die hierbei auftretenden Fragen und Probleme einem breiteren Kreis zugänglich zu machen. Daher ist der Schritt der Redaktion der „Zeitschrift für Angewandte Geologie“ zu begrüßen, in ihrem Rahmen ausführlicher zur Geologenausbildung Stellung zu nehmen.

Als ich vor 30 Jahren mein Studium begann, kam dafür nur eine Universität in Betracht. Lediglich diejenigen, die von vornherein Montangeologen werden wollten und sich dabei speziell dem Sektor Erz verschrieben, studierten in Freiberg, d. h., sie wurden zunächst Diplom-Bergingenieure und promovierten nach Ablegung des Diplom-Examens am dortigen Geologischen Institut. Es kam auch einmal vor, daß ein Freiburger Bergingenieur später noch an eine Universität ging und hier seine Doktorarbeit in einem Geologischen Institut anfertigte.

Zu unserer Zeit war an den Universitäten kaum jemand da, der den jungen Studenten beriet, was er eigentlich hören und treiben sollte. Einen fest umrissenen Lehrplan gab es nicht. Ein Vorlesungsverzeichnis mit einer Fülle von Vorlesungen, Übungen und Exkursionen eröffnete die Möglichkeit, sich das herauszusuchen, was jedem einzelnen Studenten für seine Ausbildung wichtig und notwendig erschien. Großer Wert wurde auf eine gute, allgemeine naturwissenschaftliche Ausbildung gelegt. Darüber war sich jeder Student klar, und infolgedessen hörte er in den ersten Semestern die großen Einführungsvorlesungen in die grundlegenden Naturwissenschaften, wie Physik, Chemie, und je nach seinen Neigungen, entweder Botanik und Zoologie oder Geographie und verwandte Fächer. Bei den eigentlichen Fachgebieten beschränkte man sich in den ersten Semestern meist auf die vierstündigen Hauptvorlesungen in Mineralogie und Geologie. In Leipzig wurde im Sommersemester, in dem man normalerweise unmittelbar nach dem Matur das Studium begann, freilich anstatt „Allgemeiner Geologie“ zunächst die „Geologische Formationskunde“ gelesen, was sicher wenig zweckmäßig war.

Welche Übungen und Praktika der junge Student belegen wollte, blieb ihm allein überlassen. Er konnte sich nur, wenn ihm der Hochschulbetrieb fremd war, an ältere Kommilitonen oder einzelne Assistenten wenden, von denen oft jeder, je nach seiner eigenen Ausbildung, etwas anderes riet. In den meisten Fällen baute jeder einzelne sein Studium völlig selbständig auf, unbeschwert von Plänen, obligatorischen Vorlesungen usw. Er hörte und arbeitete, was er wollte. Niemand kümmerte sich um ihn. Allmählich erwarb er sich grundlegende Kenntnisse, machte Praktika und Exkursionen, und schließlich war er nach etwa vier Semestern so weit, daß er sich näher seinem Hauptfach widmen konnte. Er bemühte sich nun langsam um einen Arbeitsplatz im Institut, nachdem er über seine Absichten ausführlich mit dem wissenschaftlichen Assistenten Rücksprache genommen hatte, den er im Laufe der Zeit, auf Sonnabendnachmittags- oder Sonntags-Exkursionen, näher

kennengelernt hatte. Im Institut fand er in kurzer Zeit Kontakt mit älteren Fachkollegen, aber auch mit Assistenten und Dozenten. Immer mehr wuchs er in die Arbeit des Instituts hinein, und so etwa um das 7. bis 8. Semester herum ließ er sich vom Institutsdirektor oder einem anderen Dozenten ein Thema für eine Dissertation geben. Die Themen betrafen ausnahmslos Forschungsarbeiten, mit denen sich die Dozenten des Institutes befaßten. Es war die Aufgabe einer Dissertation, zu diesen Institutsarbeiten kleine Bausteine zu liefern.

Das Ergebnis dieser Ausbildung, die keinerlei Beziehungen zur geologischen Praxis hatte, war ein Geologe, der sehr früh selbständig denken und arbeiten gelernt hatte, der zum wirklichen Studium und nicht zum Auswendiglernen erzogen worden war. Alle unsere älteren Kollegen haben mehr oder weniger eine solche Ausbildung genossen. Ihre Kenntnisse und Leistungen lassen erkennen, daß diese Methode, zumindest damals, kaum grundlegend falsch gewesen sein kann.

Im Gegensatz zu den Universitäten hatten die Technischen Hochschulen, und damit auch die Bergakademien, bereits vor mehr als 30 Jahren Lehrpläne, die schon deshalb eingehalten werden mußten, weil das Studium hier durch eine nach dem ersten Teil abzulegende Vorprüfung und die spätere Diplomprüfung als Abschlußprüfung in zwei Teile getrennt war. Das Bestehen der Vorprüfung war die Voraussetzung für die Zulassung zum zweiten Abschnitt des Studiums. Das Studium war also in ähnlicher Weise zweigeteilt, wie das der Mediziner. Die Vorprüfung der Bergingenieure kann mit dem Physikum der Mediziner verglichen werden.

Im Rahmen unserer neuen demokratischen Ordnung, die eine Demokratisierung und Umgestaltung des gesamten Lebens brachte, sind auch die Verhältnisse an den Universitäten und Hochschulen andere geworden. Die Hauptmasse der Studierenden sind nicht mehr nur Söhne und Töchter des Kleinbürgertums, sondern vorwiegend Arbeiter- und Bauernkinder. Der Staat unterstützt das Studium finanziell durch Stipendien, in deren Genuß fast alle Studierenden gelangen. Damit erwuchs die Verpflichtung zur Kontrolle des Studiums, d. h., die Studierenden haben in regelmäßigen Abständen einen Nachweis darüber zu erbringen, was sie während ihres Studiums tun und getan haben. Im Laufe der Jahre entwickelten sich die nunmehr jeweils am Ende des ersten bis zum Ende des dritten Studienjahres auf bestimmten Teilgebieten vorgeschriebenen Zwischenprüfungen, die ebenso, wie die für bestimmte Seminare, Praktika usw. geforderten Übungsscheine, einer Kontrolle des Studiums dienen sollen. Es ist klar, daß eine solche Maßnahme die Ausarbeitung von Lehrplänen verlangt, in denen für einzelne Fächer obligatorische Vorlesungen, Seminare, Übungen und andere Lehrveranstaltungen genau festgelegt wurden. Im Laufe der vergangenen Jahre wurde in eingehenden Diskussionen der Professoren und übrigen Mitglieder des wissenschaftlichen Beirates für Geologie des Staatssekretariats für Hochschulwesen — unter Vorsitz der Herren Professor Dr. DEUBEL/Jena bzw. Professor Dr. VON BÜLOW/



Rostock — eine Reihe Studienpläne entworfen. Der letzte Studienplan Nr. 8 für die Fachrichtung Geologie an den Universitäten wurde unter dem 1. September 1956 vom Staatssekretariat für Hochschulwesen bestätigt, nachdem ein später aufgestellter Studienplan Nr. 8a für die Fachrichtung Geologie (Erkundung) an der Bergakademie Freiberg unter dem 21. Juli 1956 anerkannt worden ist. Dieser Plan ist allein von Vertretern des Geologischen Instituts der Bergakademie Freiberg und der Staatlichen Geologischen Kommission erarbeitet worden. Das Ziel ist, in Freiberg den Hauptwert auf die Ausbildung eines ausgesprochenen Erkundungsgeologen, die in Zukunft nur an der Bergakademie Freiberg durchgeführt werden soll, zu legen. Die enge Verbindung mit dem Bergbau, die an der Bergakademie Freiberg möglich erscheint, soll dazu dienen, hier Geologen auszubilden, die später in erster Linie als Montangeologen eingesetzt werden. Vor allem wird dies auf dem Spezialgebiet des Gangbergbaus, der immer schon eine Domäne Freibergs gewesen ist, möglich sein. Es wäre wünschenswert, wenn man bei der Ausbildung von Erkundungsgeologen in Freiberg besonders auch die Verwendungsmöglichkeiten anderer mineralischen Rohstoffe, z. B. der Steine und Erden, erörterte.

Bevor auf den Lehrplan der Universitäten näher eingegangen wird, soll kurz bemerkt werden, daß, so notwendig und verständlich die festgelegten Zwischenprüfungen scheinen, sie doch eine gewisse Gefahr in sich bergen, indem sie die studierende Jugend allzu leicht zum reinen Lernen und nicht zum wirklichen Studieren erziehen. Dieser Gefahr zu begegnen, ist bei der großen Belastung der Lehrpläne mit allen möglichen Fächern nicht leicht. Beurteilungen nach Zwischenprüfungen auf der Basis des Inhaltes bestimmter Vorlesungen vermitteln nicht immer ein einwandfreies, fehlerloses Bild von den Leistungen des Studierenden. Man sollte sich vielmehr bei der Bewertung immer die ganze Persönlichkeit des Prüflings und nicht allein Zensuren ansehen. Meines Erachtens ist dies schon eine Kardinalfrage bei der Zulassung zum Studium, bei der man ebenfalls nicht den alleinigen Wert auf die Maturzensur legen, sondern den ganzen Menschen betrachten, aber keinesfalls nur nach Noten, Lebensläufen und ohne den Menschen, als nur von der Photographie her, zu kennen, urteilen sollte. Eins möchte man bei Zulassungskonferenzen bedenken: der Unterricht an den verschiedenen Oberschulen ist trotz bestehender einheitlicher Lehrpläne nicht gleichwertig; denn ihn erteilen Lehrer, d. h. Menschen, die nicht nur unterschiedliche Methoden haben, sondern auch verschiedene Kenntnisse. Trotz aller einheitlicher Prüfungen sind die Wertmaßstäbe nur relativ vergleichbar: eine 2 der Schule A braucht nicht immer der gleichen Note der Schule B zu entsprechen. Freilich gilt dies wohl auch für die Zensuren der Diplomprüfungen an den Hochschulen, wenn auch hier durch die schriftliche Diplomarbeit ein sicheres Urteil über den Prüfling möglich ist. Eine Überbewertung solcher scheinbar objektiver, in Wirklichkeit aber bis zu einem gewissen Grade subjektiver Beurteilungen in Form von Abiturzensuren bedeutet wohl mitunter nicht allein eine Beurteilung des Schülers, sondern ist teilweise eine Bewertung der Leistungen von Oberschullehrern. Bedenken wir bei der Erörterung dieser Frage nur, daß, hätte man die Zulassung zum Studium immer so gehandhabt wie heute, manche unserer bedeutendsten Gelehrten und Wissenschaftler niemals zum Studium gekommen wären, weil

ihre schulischen Leistungen nicht in allen Fächern ein mittleres Niveau erreicht haben. Dabei wissen wir doch alle, wie sich gerade einseitige Begabungen oft dadurch auszeichnen, daß sie auf anderen Gebieten versagen.

Nun zu den Lehrplänen:

Bei der Durchsicht kann man sich des Eindruckes nicht erwehren, als ob hier nicht nur allein eine Grundausbildung vorgenommen werden soll, sondern man so ziemlich alles bieten wolle, was der junge Geologe gegebenenfalls später einmal in der Praxis braucht. Es wäre meines Erachtens viel wichtiger, die Anzahl der Vorlesungen, besonders aus dem Fach Geologie selbst, einzuschränken und dafür den Studierenden genügend Zeit für das Selbststudium zu lassen. Insbesondere aber möchte ich aus eigener Erfahrung darauf hinweisen, daß man nicht nur mehrwöchige große Exkursionen am Ende des Semesters durchführen sollte, sondern daß es zumindest genauso wichtig erscheint, wie früher allgemein üblich, Exkursionen an Sonnabendnachmittagen und Sonntagen anzusetzen. Gerade bei diesen kleinen Exkursionen, die von Assistenten geleitet werden können, wird es möglich sein, in einem engeren Gebiet auf Einzelfragen einzugehen und die Studierenden zur Beobachtung anzuregen. Vor allem aber müssen diese Exkursionen zu Fuß gemacht werden, damit auch im Raum von Lesesteinlandschaften Beobachtungen angestellt werden können. Die Benutzung des Autobusses hat immer die Gefahr, daß von Aufschluß zu Aufschluß gefahren und das nicht aufgeschlossene Zwischengebiet vernachlässigt wird. Bei kleinen Exkursionen wird sich auch die Möglichkeit ergeben, gelegentlich Bohrungen und andere Erkundungsarbeiten der Staatlichen Geologischen Kommission zu besuchen. Dies hat den Vorteil, daß die Studierenden ganz nebenbei mit praktischen geologischen Arbeiten vertraut gemacht werden, wie sie sie nach Abschluß ihres Studium dann selbst betreuen müssen. Derartige Übungen und Exkursionen im Gelände erscheinen viel wichtiger als eine Unzahl von Vorlesungen und Seminaren. Die Geologie ist eine Wissenschaft, die man nicht allein im Hörsaal oder im engen Laboratorium betreiben kann, sondern nur in dem großen Laboratorium Natur!

Man hat nun die Absicht, abgesehen von den nach den einzelnen Studienjahren durchzuführenden Berufspraktika, in Zukunft vor Beginn des Geologiestudiums ein halbjähriges oder wohl besser einjähriges Vorpraktikum zu verlangen. Es soll hier nicht über den Wert dieser Maßnahme im einzelnen diskutiert werden; ich bin der Meinung, daß dieses Vorpraktikum, wenn es richtig aufgezogen wird, den Studierenden das Studium erleichtert und sie vor allem auf die praktische Seite ihrer Wissenschaft hinweist, die ja doch eines Tages von den meisten betrieben wird.

Trifft man die Entscheidung zugunsten der Ableistung eines solchen Vorpraktikums, müßten dafür genaue Richtlinien ausgearbeitet werden, was man im einzelnen verlangen soll. Außerdem darf dieses Vorpraktikum dann nicht nur auf das Studium der Geologie (Erkundung) bei der Bergakademie Freiberg beschränkt bleiben, sondern müßte auch für die zukünftigen Geologiestudenten der Universitäten verbindlich eingeführt werden. Man wende nicht ein, daß dieses Vorpraktikum die Studienzeit erhöhe. Der Gewinn, den es bringen kann, ist meines Erachtens viel größer als die Verlängerung des Studiums um ein zusätzliches Jahr. Wenn dieses Vorpraktikum nur über



ein halbes Jahr, d. h. ein Semester läuft, würde seine Einführung eine völlige Umstellung der Lehrpläne bedingen, weil der Beginn des Studiums dann nicht mehr in das Herbst-, sondern in das Frühjahrssemester fiel. Man denke nur an die grundlegenden Hauptvorlesungen in Physik und Chemie, die jetzt im Herbstsemester beginnen. Eine Koordinierung zwischen den Universitäten und der Bergakademie Freiberg ist ebenso wegen des vorgesehenen Wechsels des Studienortes unbedingt erforderlich. Man müßte wohl den Vorpraktikanten schon als Studenten betrachten und ihm ein Stipendium gewähren bzw. ihn zumindest wie einen Hilfsarbeiter bezahlen.

Die Trennung eines Spezialstudiums als Erkundungsgeologe in Freiberg von einem allgemeinen Geologiestudium an den Universitäten halte ich für richtig, weil für die Ausbildung als Montangeologe an der Bergakademie Freiberg bestimmte Voraussetzungen gegeben sind, die an den Universitäten fehlen. Diese Maßnahme darf aber keinesfalls dazu führen, die praktisch angewandte Seite unserer Wissenschaft an den Universitäten zu vernachlässigen. Die Stellung der Geologie hat sich in den letzten Jahrzehnten überall gewandelt, nicht nur im sozialistischen Lager. Die staatlichen geologischen Dienststellen sind viel mehr an die praktisch-angewandte Mineralerkundung angegliedert, während früher ihre Arbeit fast allein das Kartieren war. Dies wurde leider in der letzten Zeit aus den bekannten Gründen stark vernachlässigt, stellt aber freilich auch heute noch die Grundlage jeder geologischen Arbeit und auch die jeder Nachwuchsausbildung dar, wie VON BÜLOW (diese Zeitschrift, Heft Nr. 3/4, 1955) mit Recht betont hat. Zum Kartieren ist aber die gutachtliche Tätigkeit auch außerhalb des Lagerstättensektors auf ingenieurgeologischem und hydrogeologischem Gebiet gekommen, die immer umfangreicher geworden ist, so daß spezielle Ausbildungen in diesen Sonderzweigen der Geologie schon während des Studiums erfolgen müssen. Allen diesen berechtigten Forderungen der Praxis tragen die neuen Lehrpläne weitgehend Rechnung. Wenn ich mich in einer speziellen Stellungnahme auf den Studienplan der Universitäten beschränke, so deshalb, weil ich durch meine doppelte Tätigkeit bei der Staatlichen Geologischen Kommission und an der Martin-Luther-Universität Halle/Wittenberg die Lage an einer Universität ungleich besser beurteilen kann als die an der Bergakademie.

Beginnen wir unsere Betrachtung entsprechend dem Lehrplan und nach Studienjahren mit den nichtgeologischen Fächern, wobei die gesellschaftswissenschaftlichen außer Betracht bleiben mögen. *Sprachkenntnisse* sind für einen Geologen notwendig. Wünschenswert wäre neben Englisch und Russisch aber noch die Kenntnis einer dritten Fremdsprache, z. B. Französisch oder Spanisch. Man sollte die Sprachen aber aus dem obligatorischen Teil des Studienplanes herausnehmen, weil es meines Erachtens bereits Aufgabe der Oberschulen ist, die erforderlichen Kenntnisse zu vermitteln<sup>1)</sup>.

Fakultative Übungen in den verschiedenen Sprachen während der Studienzeit, die sich im wesentlichen auf die Übersetzung von Fachtexten zu beschränken hätten, sind dagegen zu begrüßen. Genügt die sprachliche Ausbildung an unseren Oberschulen zur Zeit noch nicht,

müßte dort eine Änderung erfolgen; denn es sollte eine der wichtigsten und vornehmsten Aufgaben unserer Oberschulen sein, jungen Menschen in vollem Umfang das Rüstzeug mitzugeben, was sie beim Studium auf den Universitäten und Hochschulen brauchen. Unseren Studienplan mit obligatorischem Sprachunterricht zu belasten, ist meines Erachtens abzulehnen, weil die Studienpläne schon fachlich mehr als überladen scheinen.

*Körpererziehung* ist notwendig, das leugnet kaum ein vernünftiger Mensch. Gerade der Geologe ist ja ein Arbeiter „der Stirn und der Stiefelsohlen“ (TROLL), und an ihn werden hinsichtlich Körperbeherrschung und Leistungsfähigkeit weit höhere Anforderungen gestellt als in anderen Berufen. Wer nicht gut zu Fuß ist und körperliche Strapazen nicht aushalten kann, kann nicht Geologe werden. Daher sollte man während der Studienzeit nicht nur auf systematisch betriebenen Sport, sondern besonders auch auf regelmäßige Exkursionen zu Fuß oder auch mit dem Fahrrad (nicht nur mit dem Auto!) größten Wert legen.

Kritisch muß zum *Chemielehrplan* Stellung genommen werden. 4 Stunden „Anorganische Experimentalchemie“ und insgesamt 14 Stunden Praktikum scheinen bei stärkster Konzentration geeignet, wenigstens die wichtigsten Grundkenntnisse über Analysen usw. zu vermitteln. Zu meiner Zeit wurde weit über das Doppelte an Chemie getrieben.

Daß auf „Organische Chemie“ gänzlich verzichtet wird, mag derjenige bedauern, der die Klarheit und den streng logischen Aufbau dieses Teils der Chemie kennt, aber unter den herrschenden Verhältnissen erscheint der beschrittene Weg verständlich. Daß allerdings die „Physikalische Chemie“ und ergänzende Übungen auf diesem Gebiet im Studienplan fehlen, ist meines Erachtens falsch: bilden doch physikalisch-chemische Kenntnisse die unbedingte Voraussetzung für mineralogische und besonders petrographische Überlegungen und Arbeiten! Daher sollte die Frage einer Vorlesung und Übung in „Physikalischer Chemie“ noch einmal überprüft werden.

Wenn nunmehr die „Geomorphologie“, deren Bedeutung für die Geologenausbildung — nicht nur für das Flachland — gar nicht überschätzt werden kann, mit 3 Stunden angesetzt wurde, ist das reichlich. Ich schlage vor, aus den 3 Stunden 4 Stunden zu machen und davon 2 Stunden für „Geomorphologie“ und 2 Stunden für „Vergleichende Grundzüge der Länderkunde“ zu verwenden, auf deren unbedingte Notwendigkeit ich bereits vor kurzem hingewiesen hatte (diese Zeitschrift 1956, Heft 11/12).

Welchen Zweck hat die Vorlesung „Grundlagen und Ergebnisse der Historischen Geologie“ (zugleich für Biologen, Geographen, Geophysiker) im 3. Semester, wenn gleich im Anschluß daran im 4. Semester 6 Stunden „Erdgeschichte“ vorgetragen werden? Sollte man doch diese zweistündige Einführungsvorlesung allein für die Nachbarwissenschaften wie Biologie und Geographie lassen und sie höchstens als fakultative Vorlesung in den Stundenplan der Geologen einfügen, sofern dies überhaupt notwendig ist!

Ein schwieriges Kapitel ist die einstündige „Bodenkunde“ im 5. Semester. Für diese Vorlesung muß klar herausgestellt werden, was mit Bodenkunde überhaupt gemeint ist, weil unter diesem Begriff die verschiedensten Betrachtungen verstanden werden. Gegebenenfalls sollte

<sup>1)</sup> Dies soll dem Vernehmen nach bereits ab 1957 erfolgen. Wenn vorgesehen ist, von den Studierenden einen gewissen Nachweis ihrer Sprachkenntnisse zu verlangen, so kann man sich damit durchaus einverstanden erklären.



man dafür besser „*Bodengeologie*“ sagen. Nicht minder gilt dies auch für andere Vorlesungen, bei denen es zweckmäßig erscheint, in wenigen Sätzen festzulegen, was unbedingt behandelt werden soll. Dies bedeutet keinerlei Eingriff in die Rechte der Hochschullehrer und der persönlichen Gestaltung der Vorlesungen und Übungen seitens der Professoren und Dozenten. Man muß nur davon absehen, genaue und meines Erachtens auch überflüssige Einzelanweisungen im Sinne eines Schullehrplanes zu geben, sondern sich auf ganz kurze Überschriften und Angaben beschränken.

Daß „*Grundlagen der allgemeinen Zoologie*“, besonders aber solche der „*Botanik*“ für einen Geologen wichtig sind, versteht sich am Rande. Man sollte vielleicht die Übungen in der Botanik noch ausbauen, wobei es insbesondere darauf ankommt, systematisch Pflanzenkenntnisse zu vermitteln. Für die Kartierung und Lagerstätten erkundung ist eine gewisse Kenntnis standortanzeigender Pflanzen unentbehrlich, ebenso wie bei ingenieurgeologischen Arbeiten ingenieurbio logische Probleme auftreten, die botanische Kenntnisse zur Voraussetzung haben. Ein „*Kleines zoologisches Praktikum*“ ist jedoch meines Erachtens für Geologen völlig überflüssig und sollte nur von denjenigen Studenten gefordert werden, die sich speziell der Paläontologie zuwenden. Wenn sich im Zuge der Entwicklung unserer Wissenschaft die Paläontologie immer mehr von der Geologie als selbständige Wissenschaft gelöst hat und heute diese Entwicklung vor unseren Augen weitergeht, so steht andererseits fest, daß Geologie ohne Paläontologie undenkbar ist. Man sollte aber meiner Ansicht nach im Rahmen der Geologenausbildung, in vollem Gegensatz zu der von Paläontologen, mehr Wert auf „*Leitfossilien*“ legen und vielleicht für die Fachrichtung Geologie eine besondere Vorlesung und Übung „*Leitfossilien*“ einlegen, wie sie sich früher an vielen Universitäten bewährt hatte. Zuviel Systematik und paläontologische Namen belasten nur das Gedächtnis, ohne daß sie für den Geologen irgendwelchen Wert haben. Ein Geologe ist heute nicht mehr zugleich Paläontologe und ein Paläontologe ebenso wenig ein vollwertiger Geologe. Was im allgemeinen Rahmen an paläontologischen Tatsachen in der Vorlesung für Geologen nicht gebracht wird, könnten Studierende der Paläontologie später, etwa im 4. Studienjahr, in speziellen Vorlesungen nachholen, die an den für die Ausbildung von Paläontologen in Betracht kommenden Universitäten durchgeführt werden.

Für die „*Paläobotanik*“, ein sehr spezielles Gebiet, reicht es meines Erachtens vollständig, wenn darauf nur eine Stunde verwendet wird, da kaum mehr als die Grundzüge geboten werden sollten. Paläobotanische Übungen für alle Studierenden der Geologie als obligatorisches Fach zu fordern, dürfte doch wohl zu weit gehen.

Für die „*Mineralogie*“ möchte ich vorschlagen, „*Kristallographie*“ und „*Kristalloptik*“ weitgehend auf die Belange der Geologen abzustellen und nur soweit zu betreiben, wie zum Verständnis der Mineralien und Gesteine sowie zur Lagerstättenuntersuchung unbedingt erforderlich ist. Viel wichtiger ist eine Betonung der „*Gesteinskunde*“, wobei die „*Gesteinsmikroskopie*“ sich nicht nur auf Eruptiva und kristalline Schiefer beschränken, sondern auch die modernen, nicht allein mikroskopischen Methoden der Sedimentuntersuchungen,

zumindest in einem Überblick, bringen möchte. Für eine speziellere Ausbildung kann z. B. auf die fakultative Vorlesung und Übung „*Sedimentpetrographie*“ verwiesen werden.

Eine Sonderstellung nehmen die Vorlesungen und Übungen aus der „*Angewandten Geologie*“ ein. Zwar ist dieser Name jetzt aus dem Lehrplan verdrängt, und es finden sich dafür einzelne Disziplinen, z. B. *Hydrogeologie*, *Ingenieurgeologie* usw. Erfreulich ist, daß man hier auf die unterschiedlichen Belange der einzelnen Universitäten Rücksicht genommen hat und ihnen weitgehende Freiheit bezüglich Stundenzahl und Stoff gibt. Gerade diese Gebiete verlangen vom jeweiligen Dozenten eigene, vielseitige praktische Tätigkeit, eigene Erfahrung und eine ständige Verbindung mit der Praxis, wenn derartige Vorlesungen und Übungen ihren Sinn erfüllen sollen. Wo keine Lehrkräfte zur Verfügung stehen, die selbst viele Jahre in der Praxis gestanden haben oder heute noch tätig sind, ist es besser, auf Vorlesungen und Übungen aus dem angewandten Gebiet ganz zu verzichten. Da es kaum jemand gibt, der in allen Zügen der „*Angewandten Geologie*“ gleichzeitig arbeitet, geschweige denn zu Hause ist, sieht es doch in der Praxis eben so aus, daß in Abhängigkeit vom eigenen Arbeitsraum und -gebiet des Dozenten Methode und Inhalt der Vorlesungen und Übungen „*Angewandte Geologie*“ an den einzelnen Universitäten recht unterschiedlich ist. Und das ist gut so; denn es bedeutet doch letzten Endes, daß hier wirklich aus eigener Erfahrung geborenes Können und nicht erarbeitetes Buchwissen vermittelt wird.

Bei der steigenden Bedeutung geophysikalischer Untersuchungsverfahren, auch für die rein geologische Flachlandskartierung (LAUTERBACH, diese Zeitschrift 1956, Heft 10) schlage ich vor, zu prüfen, ob die zur Vorlesung „*Angewandte Geophysik*“ im 4. Studienjahr angesetzten 2- bis 4stündigen Übungen ausreichend sind. Ich persönlich würde es begrüßen, wenn das nach dem Lehrplan im 1. Studienjahr vorgeschriebene Berufspraktikum „*Praktische Tätigkeit im Bergbau*“ auch bei einem Erkundungstrupp des VEB Geophysik abgeleistet werden könnte. Notwendig ist dabei nur die Erfüllung der Forderung, daß die Studierenden während ihres Praktikums wirklich praktische Tätigkeit ausüben und nicht am Schreibtisch sitzen. Ähnliches gilt auch für die praktische Tätigkeit im Bergbau selbst, wo es auf Grund vorliegender Erfahrungen notwendig ist, darauf hinzuweisen, daß die Studenten nicht etwa als Arbeitskräfte an irgendeiner belanglosen Stelle eingesetzt werden sollen, sondern die dafür zur Verfügung stehenden drei Wochen dazu benutzen um für ihren späteren Beruf als Geologen etwas zu lernen. Dies ist nicht der Fall, wenn sie z. B. Hunte schieben oder wenn sie im Tagebaubetrieb wochenlang mit der Brunnenpfeife umherlaufen, um Wasserspiegel zu messen.

Zum Abschluß möchte ich im Interesse unserer Geologiestudierenden und um der Einheitlichkeit willen bemerken, daß es unumgänglich notwendig erscheint, so bald als möglich und soweit als irgend angängig, klar zu entscheiden und festzulegen, was eigentlich Ziel und Inhalt einer Diplomarbeit sein soll und welche Zeit dafür im Höchstfalle aufgewendet werden darf<sup>1)</sup>. Zur Zeit hat man an Hand dieser Arbeiten vielfach den Eindruck, als ob die Grenze zwischen Diplomarbeit und Dissertation

<sup>1)</sup> Vgl. die m. E. richtige Einstellung K. von BÜLOWs (1955, S. 132).



nicht klar wäre. Während gewisse Diplomarbeiten durchaus den Wert von Doktorarbeiten haben, scheinen andere in ihrer Durchführung und ihren Ergebnissen selbst bei bescheidenen Ansprüchen kaum als Diplomarbeit genügend.

Zusammengefaßt darf festgestellt werden, daß meines Erachtens der neue Studienplan gegenüber seinen Vorgängern zweifellos einen Fortschritt bedeutet, aber sicher noch weiter verbessert werden kann. Wenn man davon abgeht, nicht alles während des Studiums in Vorlesungen und Übungen bringen zu wollen, was später vielleicht einmal unter Umständen in der praktischen Tätigkeit eines Geologen vorkommen kann, wenn den Studierenden in der Auswahl der Vorlesungen und Übungen mehr Freiheit gelassen wird und man nicht zuviel „Obligatorisches“ fordert, glaube ich, daß das ein Vorteil wäre. Auch noch soviel Spezialvorlesungen und spezielle Praktika ersetzen nicht die Arbeit im Gelände. Sie machen aus denjenigen, die nicht aus innerer Berufung Geologen geworden sind, noch lange keine vollwertigen Fachkräfte, auch wenn sie noch so fleißig sind und lernen. Wenn in früheren Zeiten nur verhältnismäßig

wenige aus der gesamten Studentenzahl Geologen — ich rechne auch die Mineralogen dazu — geworden sind, so bestimmt nicht deshalb, weil sich damals für sie nur ganz beschränkte Berufsmöglichkeiten ergaben, sondern allein aus dem Grunde, weil für geologische Fragen eine bestimmte Neigung und ein besonderes Interesse vorhanden sein muß, das nun einmal nicht so häufig vertreten ist wie z. B. für die Medizin oder andere Wissenschaften. Wer aus Lust und Liebe zu einer Sache, insbesondere zu einer Wissenschaft, wie der Geologie, dieses Gebiet auswählt, für den gibt es zunächst keine wirtschaftlichen Erwägungen, es sei denn, er ist kein Wissenschaftler und wird nie einer werden.

### Literatur

- VON BÜLOW, K.: Geologisch Kartieren — Grundlage und Ziel der Nachwuchsbildung. — Z. f. angew. Geol., 1955, S. 129—133.  
HOHL, R.: Geologen gehen in die weite Welt. — Ebenda 1956, Heft 11/12—  
LAUTERBACH, R.: Angewandte Geophysik in Erkundung und Kartierung. — Ebenda 1956, S. 443—445.  
Regierung der Deutschen Demokratischen Republik — Staatssekretariat für Hochschulwesen, Studienplan Nr. 8, Geologie vom 1. 9. 1956.  
Ebenso. — Studienplan Nr. 8a, Geologie (Erkundung) vom 21. 7. 1956.

## Das „Protonaphtha“ der heutigen Theorien der Erdölbildung<sup>1)</sup>

(Eine Übersicht über die bestehenden Vorstellungen)

Von W. B. PORFIRJEV, Moskau

Die wissenschaftliche Auseinandersetzung über die Entstehung des Erdöls wird seit langem geführt. Wenn auch von jeher der Standpunkt der Anhänger einer organischen Ausgangssubstanz vorherrschte, so hat es doch keineswegs an Vertretern gefehlt, die diese Vorstellungen entschieden ablehnten.

Ein besonders heftiger Streit ist in den letzten Jahren über diese Frage in der Sowjetunion entbrannt. Er wird auch gegenwärtig noch mit großer Schärfe ausgetragen. Die Anschauungen der Mehrheit der sowjetischen Erdölgeologen, die sich wesentlich auf die Lehren des verstorbenen Akademiemitglieds I. M. GUBKIN stützen, wurden dabei nicht nur heftig kritisiert, sondern es wurden auch neue, originelle Hypothesen entwickelt.

Diese theoretischen Auseinandersetzungen sind für die Praxis der Erdölerrkundung von größtem Interesse und verdienen daher unseren Lesern vermittelt zu werden.

Im nachfolgenden Aufsatz PORFIRJEVS wird eine Zusammenfassung der verschiedenen Anschauungen gegeben, zugleich legt der Verfasser seine eigene Hypothese zur Erdölgenese dar. *Die Redaktion der „Zeitschrift für angewandte Geologie“ solidarisiert sich jedoch keineswegs mit den Auffassungen des Autors.* Sie wird in den folgenden Heften auch die Opponenten PORFIRJEVS und andere Geologen zu Wort kommen lassen.

D. R.

Eine viel diskutierte Frage der modernen Geochemie der Kaustobiolithen ist die Realität der Existenz einer besonderen Art von Übergangsformen bei der Umwandlung des organischen Ausgangsmaterials in jenes komplizierte Gemisch von organischen, hauptsächlich Kohlenwasserstoffverbindungen, das wir als natürliches Erdöl bezeichnen. In den verschiedenen geochemischen Schemata wurden diese Zwischenformen als „Protosubstanz“, „Protonaphtha“, „Urerdl“ usw. bezeichnet, und zu

keiner der rein chemischen Thesen verhalten sich die Geologen derart ablehnend, wie zu dieser. Die Geologen betrachten diese hypothetischen Formen als eine rein chemische Abstraktion, die durch die geologische Praxis nicht bestätigt werden kann. Indessen enthalten alle nicht rein geologischen, sondern geochemischen Schemata, d. h. solche, die mehr oder minder auch die chemische Seite berücksichtigen, Zwischenformen als obligatorischen Bestandteil.

Es wäre sehr schwierig, das zu dieser speziellen Frage vorliegende Material außerhalb des Zusammenhangs mit dem allgemeinen Problem der Erdölbildung, für das es verschiedene Lösungsvarianten gibt, kritisch zu sichten. Wir müssen daher, wenn auch in kürzester Form, die grundlegenden Vorstellungen dieser prinzipiell verschiedenen Schulen behandeln.

In der Gegenwart dominiert die Theorie der organischen Herkunft des Erdöls. Sie betrachtet das natürliche Erdöl als ein Produkt verwickelter Umwandlungen pflanzlicher und tierischer Organismen, deren Gruppenzusammensetzung hinreichend vollständig erforscht ist. Die vorherrschenden Formen sind hier Zellulose, Lignin, Eiweißkörper und Fette, untergeordnet sind Wachse, Harze und eine Reihe anderer zweitrangiger Bestandteile. Gerade diese Stoffe sind das Ausgangsmaterial der Erdölbildung und der Umbau ihrer Strukturformen unter dem Einfluß geologischer Faktoren (Metamorphose) ergibt letzten Endes bei Einbettung in mäßiger Tiefe der Erdrinde die charakteristischen Formen der organischen Verbindungen des natürlichen Erdöls.

Solche Faktoren der Metamorphose können sein: biochemische Reduktion, Altern der Kolloide, thermokatalytische Zersetzung, Disproportionierung des Wasserstoffs, Hydrogenisation, biochemische Oxydation. Wenn

<sup>1)</sup> Aus: Nachrichten der Akademie der Wissenschaften der UdSSR (russisch), Geologische Reihe, Nr. 6, 1955.



man die ursprüngliche Zusammensetzung der organischen Ablagerungen und den wahrscheinlichen Metamorphosegrad kennt, wenn man ferner über völlig zuverlässige Daten über die Produkte der Metamorphose dieser ursprünglichen Ablagerungen im Stadium des Bodensatzes und seiner Umwandlung zum Gestein verfügt, dann könnte es anscheinend nicht schwer sein, über die aufeinanderfolgenden Umbildungen des organischen Ausgangsstoffs in den Komplex der organischen Verbindungen des Erdöls eine exakte Vorstellung zu gewinnen.

Die Gruppenzusammensetzung des natürlichen Erdöls wird jedoch durch das Überwiegen solcher Formen (aromatische Kohlenwasserstoffe, Naphthene) gekennzeichnet die der pflanzlich-tierischen Materie gänzlich fremd sind. Das Rohöl ist praktisch völlig frei von solchen Komponenten, die man als von der organischen Ausgangssubstanz ererbt betrachten könnte. Die Beweisführung der geochemischen Schemata, die eine derart tiefgreifende strukturelle Umwandlung durch Faktoren der Metamorphose erklären können, die geringen Tiefen der Erdkruste eigen sind, stieß bei ihren Versuchen auf große Schwierigkeiten.

Von chemischer Seite ergab sich die Notwendigkeit zur Konstruktion sehr komplizierter Schemata, die die fortlaufende Umwandlung des organischen Stoffes durch eine Anzahl von Formen hindurch illustrieren sollten; diese Formen stehen ihren physikalischen und chemischen Eigenschaften nach zwischen den festen Kohlen und den flüssigen Erdölen. Diese hypothetischen Bildungen von asphaltähnlichem Charakter wurden als „Protoprodukt“, „Protonaphtha“ oder „Urerddöl“ bezeichnet.

Die Geologen lehnten einmütig die Realität dieser Zwischenformen ab, ohne sich auf eine Beurteilung der chemischen Seite dieser Frage einzulassen, indem sie sich einzig und allein von dem Kriterium leiten ließen, daß in der Natur keine derartigen Zwischenformen in genügend großen Mengen (welche dem regionalen Maßstab der Erdölvorkommen entsprechen) auftreten. Doch bei der Konstruktion eigener, geologischer Schemata für die Umwandlung der organischen Ausgangssubstanz in Erdöl waren die Geologen gezwungen, zu Zwischenformen eines anderen Typs Zuflucht zu nehmen. Wenn die Chemiker den Vorgang der Erdölbildung als einen allmählichen Zerfall hochmolekularer Verbindungen in mittel- und niedermolekulare betrachten, so nehmen die Geologen in ihrem Schemata den Übergang hochmolekularer Ausgangsverbindungen in den gasförmigen Zustand und ihre darauffolgende Kondensation zu äußerst leichten Flüssigkeiten an, die sich lediglich später im Speicher durch Oxydations- und Polymerisationsprozesse mit hochmolekularen Verbindungen anreichern, besonders mit asphalt- und pechartigen, die ein charakteristisches Merkmal der natürlichen Erdöle sind.

Das Kriterium, demzufolge die Geologen alle Arten schwerer „Ursubstanzen“ der Zwischenformen in den geochemischen Schemata der Erdölbildung ablehnen, gilt jedoch auch voll und ganz für die äußerst leichten Gaskondensat-Zwischenformen der geologischen Theorien. Auch sie kommen unter natürlichen Bedingungen nicht vor, der Theorie nach erfolgt ihre Bildung in sehr geringen Tiefen und sie müßten sehr weit verbreitet sein.

In jüngster Zeit erleben wir die Wiedergeburt der Theorie der anorganischen Entstehung des Erdöls in den Arbeiten von N. A. KUDEJAWZEW und P. N. KROPOTKIN. Sie betrachten das Problem ausschließlich vom

geologischen Standpunkt aus und berühren nur in allgemeiner Form die chemische Seite. Aber die Logik der chemischen Vorstellungen zwingt mit unerbittlicher Konsequenz zur Annahme dieser Schemata. Wie wir später zeigen werden, geschieht dies augenscheinlich gegen den Willen der Autoren, die sich dem „Protonaphtha“ gegenüber ablehnend verhalten; sie müssen ferner auch die Zwischenformen anerkennen, die diesen „ketzerischen“ Vorstellungen völlig entsprechen.

Wir bringen eine kurze Charakteristik der erwähnten Schemata der Erdölbildung, um zu zeigen, welchen Sinn jeder ihrer Verfasser in den Ausdruck „Urnaphtha“, „Ursubstanz“ usw. legt.

### Das „Protopetroleum“ ENGLERS

Nach ENGLERS Schema sind die Ausgangsstoffe für die Entstehung des natürlichen Erdöls Ansammlungen von Fetten zugrunde gegangener Meerestiere. Die übrigen Bestandteile des organischen Gewebes werden aus diesen Ansammlungen durch biochemische Zersetzung bis zu wasserlöslichen und gasförmigen Verbindungen entfernt. In einem gewissen, doch stark untergeordnetem Maß können auch Wachse und Harze pflanzlicher Herkunft beteiligt sein.

Im Stadium der biochemischen Umwandlung gehen die Fette durch Hydrolyse in Fettsäuren über, die im weiteren Verlauf im Stadium der Einbettung hohen Temperaturen ausgesetzt und unter Druck thermisch zersetzt werden. Laboratoriumsuntersuchungen über die Destillation von Fetten unter Druck haben gezeigt, daß sich hierbei ein Destillat bildet, das äußerlich eine große Ähnlichkeit mit natürlichem Erdöl aufweist, sich jedoch in seiner chemischen Zusammensetzung wesentlich von ihm unterscheidet. Es ergab sich, daß dieses Destillat hauptsächlich aus ungesättigten und gesättigten Kohlenwasserstoffen der Fettreihe und aus einer kleinen Menge aromatischer Kohlenwasserstoffe bestand. Naphthene wurden nicht festgestellt. Hierdurch unterscheidet sich das Destillat vom echten Erdöl. Da ENGLER annahm, daß unter natürlichen Bedingungen die thermische Zersetzung der Fettsäuren auch nach diesem Schema verläuft, war er gezwungen, das Destillationsprodukt als Zwischenprodukt anzusehen. Er nannte es Protopetroleum und nahm an, daß die weiteren Umwandlungen des Protopetroleum in der Polymerisation der ungesättigten Verbindungen bestehen müßten, wodurch sich hochsiedende Kohlenwasserstoffe, die den Schmierölfractionen des natürlichen Erdöls entsprechen, sowie andere seiner Komponenten bilden können.

Es ist wichtig, bei der Behandlung der von uns aufgeworfenen Frage hervorzuheben, daß schon das erste Schema einer organischen Entstehung des Erdöls, das diese Frage vom chemischen Standpunkt behandelt, auf Grund der Logik der chemischen Vorstellungen die Idee einer Zwischensubstanz akzeptieren mußte, und wahrscheinlich wandte ENGLER als erster überhaupt diesen Ausdruck an.

Bereits in dieser Theorie wurde die Notwendigkeit hervorgehoben, eine Erklärung für die verschiedenen, kompliziert zusammengesetzten Komponenten des natürlichen Erdöls zu geben, die sich in ihrer Struktur von den Verbindungen der organischen Ausgangssubstanz so grundlegend unterscheiden. ENGLER wies nach, daß sich die Kohlenwasserstoffe des Erdöls unmöglich infolge der Wirksamkeit jener Faktoren der Metamorphose bilden



konnten, welche in den oberflächennahen Zonen der Erdkruste auftreten. Er führte den Gedanken der Zwischenstadien bei der Umwandlung des organischen Ausgangsstoffes und die Vorstellung von Zwischensubstanzen als Erzeugnisse dieser Zwischenstufen ein.

Mit großer Überzeugungskraft betonte er die Bedeutung der thermischen Zersetzung und der Bildung ungesättigter Formen, durch deren Polymerisation sich die neuen Strukturformen erklären lassen. Die heutigen Geochemiker verweisen darauf, daß die geologischen Leitsätze in ENGLERs Theorie nicht stichhaltig sind und seine Versuche relativ primitiv waren; dessenungeachtet behält seine grundlegende These von der thermischen Zersetzung und der Bildung ungesättigter Formen, aus denen sich dann die Hauptkomponenten des Erdöls bilden, ihre Bedeutung bis in die heutige Zeit.

### Das „Protoprodukt“ BERLs

BERLs Schema der Erdölbildung resultierte aus den von ihm durchgeführten Versuchen, Zellulose in einer Stahlbombe bei hohen Temperaturen und Drücken in Gegenwart von Alkali umzuwandeln. Bei den Versuchen betrug die Temperatur 300 bis 330° und der Druck 180 bis 200 Atmosphären. Das Reaktionsprodukt war eine Flüssigkeit, auf der eine ölige Masse schwamm, und an deren Boden ein brauner flockiger Niederschlag ausgefallen war, der sich bei längerem Stehen an der Luft durch Oxydation und Polymerisation in eine schwarze, asphaltähnliche Masse verwandelte. Bei höherer Temperatur, größerer Alkalikonzentration und längerer Erhitzungsdauer war dieser von BERL als „Protoprodukt“ bezeichnete Niederschlag flüssiger und ölicher, unter entgegengesetzten Versuchsbedingungen konsistenter und zäher.

Bei der Deutung seiner Versuchsergebnisse kam BERL zu dem Schluß, daß Erdöl dann entsteht, wenn eingebettetes pflanzliches Material und Wasser von alkalischer, durch karbonatische Gesteine bedingter Reaktion aufeinander einwirken. Das erste Stadium der Umwandlung der Kohlehydrate wird mit der Bildung des „Protoprodukts“ mit einem Kohlenstoffgehalt von 76 bis 80% und einem Sauerstoff- und Schwefelgehalt von 14 bis 18% abgeschlossen.

Wenn dann weiterhin Oxydations- und Polymerisationsvorgänge eintreten, wandelt sich das „Protoprodukt“ in Kohle um. Begünstigen jedoch die geologischen Verhältnisse seine Hydrierung, dann wandelt es sich zunächst in Asphalt mit einem Sauerstoff- und Schwefelgehalt von 14 bis 18% und darauf in völlig sauerstoffreies Erdöl um. Die Quelle des Wasserstoffs erblickt BERL in Reaktionen zwischen dem Wasser und Eisenoxydulverbindungen, sowie auch in der Disproportionierung des Wasserstoffs durch Umwandlung gesättigter aliphatischer Kohlenwasserstoffe, zuerst in hydroaromatische und dann in aromatische.

Die durch geologische Überlegungen nicht gestützte Theorie BERLs fand bei den Geologen keine Beachtung und wurde von ihnen in die Kategorie der abstrakten chemischen Schemata eingereiht. Doch die Chemiker und besonders die Kohlenchemiker vermerkten die zwingende Begründung sowohl der theoretischen Vorstellungen in BERLs Schema wie auch seiner Laboratoriumsversuche, welche die wichtige Rolle der Kohlehydrate bei der Bildung von Kohlen und Erdöl bestätigen.

Ohne sein Schema bis ins Detail zu behandeln, wollen wir nur feststellen, daß auch diese Theorie, die nicht Fette, sondern Kohlehydrate als das Ausgangsmaterial für die Entstehung von Erdöl betrachtet, ebenfalls in das Schema der Umwandlungen die Vorstellung von irgendeiner Zwischenform einführen muß.

### Das „Urerddöl“ G. L. STADNIKOWs

In den Arbeiten G. L. STADNIKOWs (9) wird die chemische Seite des Problems der Umwandlung des organischen Ausgangsmaterials in Erdöl außerordentlich vollständig und ausführlich behandelt. Nachdem er gezeigt hat, daß eine Reihe der in den Theorien von ENGLER-HÖFER, BERL, HAYFORD u. a. entwickelten chemischen Thesen irrig ist, ferner nachgewiesen hat, daß man die Bildung einer Anzahl von Hauptkomponenten des natürlichen Erdöls nicht durch Umwandlung von nur tierischen Stoffen erklären kann, gab er eine strenge und umfassende Begründung für ein Schema der chemischen Umwandlung gemischter floristisch-faunistischer Formen der organischen Materie bei Einbettung in geringer Tiefe. Je nach dem Charakter des Ausgangsmaterials (Überwiegen dieser oder jener Komponente — Fette oder Kohlehydrate) und des Mediums, in dem die Akkumulation erfolgt (oxydierend oder reduzierend), verläuft die Veränderung des angesammelten Ausgangsmaterials entweder nach der Seite der Bildung fossiler Kohlen oder natürlichen Erdöls.

Diese Arbeiten G. L. STADNIKOWs, welche die Natur der sapropelitischen Kohlen mit Fettbasis sowie die der Asphalte und verschiedenen Arten von Erdölen klärten, ermöglichten es, zum erstenmal eine allgemeine geochemische Klassifikation aller Glieder der Familie der Kautobiolithen aufzustellen und in dieser Hinsicht eine Brücke zwischen den fossilen Kohlen und den Bildungen der Erdölreihe zu schlagen.

Die Muttersubstanz für die Erdölbildung waren nach G. L. STADNIKOW Fette, jedoch nicht tierischer, wie K. ENGLER angenommen hatte, sondern pflanzlicher Herkunft (fettreiches Plankton). Er bemerkt ferner, daß man sich praktisch keine einigermaßen große Ansammlung organischen Materials vorstellen kann, die aus reinen Fetten besteht, und eine Beimengung von Eiweißen, Zellulose, Lignin, Wachsen und Harzen zur Fettsubstanz muß als unausbleiblich angesehen werden. Aber Eiweiß und Zellulose werden noch im Stadium des Bodensediments von Bakterien zerstört, und fossilisiert werden — mehr oder minder reduziert — nur die widerstandsfähigeren Komponenten: Fett- und Huminsäuren, Lignin, Wachse und Harze.

Der grundlegende Vorgang bei der Umwandlung dieser Stoffe in Erdöl ist die biochemische Reduktion, wodurch die Fette in Fettsäuren umgewandelt werden und des weiteren unter Einwirkung der gleichen Agenzien dekarboxyliert werden, in gleicher Weise, wie auch das Lignin dekarboxyliert wird. „Diese und andere Dekarboxylierungsprodukte lösten oder dispergierten sich in dem Gemisch von Wachsen, Harzen und unveränderten Fettsäuren. So entstand allmählich auf dem Boden eines Salzwasserbeckens eine homogene flüssige Masse, der wir die Bezeichnung „Urerddöl“ geben können. Das gebildete Urerddöl existierte nicht als zusammenhängende Schicht einer dicken, zähen Flüssigkeit, sondern als Emulsion“ (9).

Wenn allerdings der Chemiker die Zusammensetzung der ursprünglichen Ansammlungen und des natürlichen Erdöls genau und erschöpfend analysiert, die Bedingungen



bei der Ablagerung und Umwandlung des organischen Materials untersucht und den Einfluß der in geringen Tiefen der Erdkruste wirksamen Faktoren der Metamorphose beurteilt, kommt er zu der klaren Vorstellung, daß selbst die Gesamtheit aller günstigen Bedingungen in diesen Zonen zur Bildung der charakteristischen Strukturformen der organischen Verbindungen des Erdöls unzureichend ist. Das Urerdöl ist nur das Produkt des Anfangsstadiums der Umwandlung und der Bildung des echten Erdöls; dieses selbst entsteht erst in einem anderen Stadium, unter der Einwirkung grundsätzlich anderer Faktoren der stärkeren Metamorphose.

Da das Urerdöl eine hohe Wichte hatte, blieb es am Boden und ging später in den fossilen Zustand über. Hinsichtlich seiner physikalischen Eigenschaften und seiner chemischen Zusammensetzung ist es jedoch noch kein echtes natürliches Erdöl, und weil seine Hypothese von der weiteren Reduktion und der Ausspaltung der hochmolekularen Verbindungen durch Bakterien keine Bestätigung fand, stellte G. L. STADNIKOW die Hypothese von der Hydrierung durch wasserstoff- und kohlenoxydreiche Gase auf. Diese Gase sollten in großen Tiefen bei Einwirkung von Wasser auf die glühende Lösung der Karbide im Ferromangan entstehen. Auf diese Weise vereinigte er die organische mit der mineralischen Theorie.

Wir verzichten an dieser Stelle auf die weitere Darstellung der Ansichten G. L. STADNIKOWs über die Bildungsbedingungen dieser oder jener Komponenten des natürlichen und dessen — ja nach der Zusammensetzung der Ausgangsstoffe — verschiedener Abarten und bemerken nur, daß das „Urerdöl“ seines Schemas sich grundsätzlich von dem „Protopetroleum“ des ENGLERSchen Schemas unterscheidet. Das „Urerdöl“ G. L. STADNIKOWs entsteht bei niedriger Temperatur durch biochemische Umwandlung des organischen Ausgangsmaterials und besteht aus einem Gemisch hochmolekularer Produkte, entstanden durch Reduktion von Fett- und Huminsäuren, ferner aus Lignin und unveränderten Wachsen und Harzen, die in der Masse der nicht reduzierten Fettsäuren gelöst sind. Das „Protopetroleum“ entsteht durch thermische Zersetzung und wird durch den Reichtum an ungesättigten Komponenten gekennzeichnet.

Die chemisch ausführlich begründete Theorie G. L. STADNIKOWs hielt leider trotz aller ihrer unbestreitbaren Vorzüge der Kritik der seitens der Geologie erhobenen Forderungen nicht stand. Als einziger in dieser Beziehung verwundbarer Punkt erwies sich das „Urerdöl“.

Der Autor dieser Kritik war I. M. GUBKIN, der die dem Schema D. I. MENDELEJEWS entlehnte Hypothese der hydrierenden Gasé als vom geologischen Standpunkt offensichtlich nicht gerechtfertigt hervorhob und darauf verwies, daß das „Urerdöl“ geologisch nicht bewiesen sei. In chemischer Hinsicht kritisierte I. M. GUBKIN dieses Schema nicht, sondern erkannte im Gegenteil die Ausführlichkeit und Klarheit der Darstellung in G. L. STADNIKOWs Buch an. In der Folge wurde dieses Schema einer Kritik von seitens der Geologie nicht mehr unterzogen, aber die ablehnende Haltung I. M. GUBKINs zum Gedanken des „Ureröls“ wurde jedoch von den Geologen verallgemeinert und auf die Zwischenprodukte aller folgenden chemischen Schemata ausgedehnt, unabhängig von dem Sinn, der in diesen Ausdruck gelegt worden war.

## Die „Urformen“ A. F. DOBRJANSKIJs

ENGLER und G. L. STADNIKOW (s. o.) nehmen als Quelle für die Erdölbildung die Fettbestandteile des pflanzlich-tierischen Ausgangsmaterials an, wobei sie allen seinen übrigen Bestandteilen (Kohlehydraten, Eiweißkörpern, Lignin, Huminsäuren, Wachsen und Harzen) eine durchaus untergeordnete Rolle zuweisen und den Methantyp des Erdöls als Ausgangstyp für die Bildung seiner anderen (des Naphthen- und des aromatischen Typs) betrachten.

Im Gegensatz zu ihnen begründete A. F. DOBRJANSKIJ die Vorstellung vom Sapropel als Ausgangsform des organischen Materials, das sich im weiteren Verlauf in Erdöl-Kohlenwasserstoffe umwandelt. Während die vorstehend erwähnten Theorien einer organischen Herkunft des Erdöls den Fettsubstanzen in den ursprünglichen Ablagerungen die Hauptrolle zuschreiben, beweist A. F. DOBRJANSKIJ die überragende Bedeutung der Huminsäuren und Kohlehydrate in der Zusammensetzung der Sapropel sowie die unbedeutende Rolle der Wachse, harzigen Stoffe, Kohlenwasserstoffe und Fettsubstanzen.

Als günstig für die weitere Umwandlung in Erdöl betrachtet er die Form der konzentrierten organischen Substanz, nicht die dispers in den tonig-karbonatischen Gesteinen verteilte, wie das die Theorie der „Erdöl-muttergesteine“ annimmt.

Die Umbildung des Sapropels in Erdöl verläuft über eine Reihe von Zwischenstadien und wird durch einen allmählichen Sauerstoffverlust in Form von Wasser und Kohlensäure sowie durch Zunahme der Eigenschaften, die Bildungen von der Art des Erdöls eigen sind, gekennzeichnet. Die Anfangsstadien dieser Umwandlung verlaufen im Sinne einer biochemischen Umwandlung der organischen Substanz, doch Erdöl-Kohlenwasserstoffe entstehen hierbei nicht, und zugleich mit der Reduktion des organischen Materials tritt eine Komplizierung der molekularen Struktur ein.

Die weitere Veränderung des organischen Materials und seinen Übergang in den flüssigen Zustand betrachtet A. F. DOBRJANSKIJ als thermische Zersetzung, wobei hervorgehoben wird, daß die vorhergehende Reduktion der sapropelitischen Masse die Anfangstemperatur dieser Zersetzung außerordentlich herabsetzt.

Die sogenannten „Maltha“ oder „Oxyasphalte“, halbflüssige asphaltartige Substanzen, die nicht selten bis 10% Sauerstoff enthalten, sind nach A. F. DOBRJANSKIJ Zwischenformen zwischen harten Sapropeliten und flüssigem Erdöl, die sich durch Zersetzung bei tiefen Temperaturen (bei etwa 150 bis 200°) gebildet haben. Es sind Lösungen der Bitumina von Sapropeliten in einer Masse, welche Kohlenwasserstoffcharakter hat.

Der Übergang von den Maltha zu Erdölen erfolgt durch Disproportionierung des Wasserstoffs, d. h. durch den Übergang des Wasserstoffs aus einem Molekül in ein anderes bei thermischen Einwirkungen in Anwesenheit von Katalysatoren. Bei dieser Disproportionierung wird das eine Molekül hydriert, das andere verliert den Wasserstoff. Die an Wasserstoff verarmten Formen erblickt A. F. DOBRJANSKIJ in den aromatischen Kohlenwasserstoffen. Katalytisch wirken nach seiner Ansicht Tonminerale, die immer die Sapropelite begleiten.

Nach diesem interessanten, chemisch äußerst detailliert ausgearbeiteten Schema sind also die hochsauerstoffhaltigen Asphalte, die nicht selten in der Natur vor-



kommen, eine obligatorische Zwischenform von selbständiger geologischer Bedeutung. Wie G. L. STADNIKOW und A. F. DOBRJANSKIJ sehr überzeugend nachgewiesen haben, darf man diese Formen vom chemischen Standpunkt aus nicht als Produkt einer unterirdischen Oxydation von Erdöl ansehen. Das ist kein oxydiertes, sondern ein nicht völlig reduziertes Erdöl.

### Die Erdölbildung bei niedriger Temperatur nach W. A. SOKOLOW

Wenn wir eine Übersicht über die modernen geochemischen Theorien der Entstehung des natürlichen Erdöls geben, können wir das gerade in chemischer Beziehung sehr eingehend ausgearbeitete Schema W. A. SOKOLOWS nicht unbeachtet lassen, obgleich in ihm formell keinerlei Zwischenstufen und Protprodukte auftreten.

W. A. SOKOLOW ist Anhänger der Vorstellung, daß sich das Erdöl aus dispers verstreuter organischer Substanz bildet. Sein Schema ist wohl die im chemischen Sinne am vollständigsten und ausführlichsten ausgearbeitete Variante der Theorie der „Erdölmuttergesteine“. Er untersucht die Möglichkeit, den einen oder anderen geologischen Faktor der Metamorphose zur Erklärung des natürlichen Vorgangs der Erdölbildung heranzuziehen. Nach Beurteilung der Möglichkeit, diesen oder jenen geologischen Faktor der Metamorphose zur Erklärung der natürlichen Erdölbildung heranzuziehen, und Akzeptierung der allgemein gehaltenen These über die zwei Hauptrichtungen, in denen die Veränderung der organischen Substanz erfolgen kann — Reduktion und Zersetzung —, begründet W. A. SOKOLOW die Vorstellung vom langsam verlaufenden Zerfall bei niedrigen Temperaturen; als Hilfsfaktor nimmt er radioaktive Strahlungen an.

Nach W. A. SOKOLOW vollzieht sich die Umbildung der organischen Substanz in Erdöl-Kohlenwasserstoffe in Übereinstimmung mit dem allmählichen Temperaturanstieg während des Einsinkens allmählich und kontinuierlich und wird in geringen Tiefen (etwa 3–4 km) vollständig beendet.

„Die Reihenfolge der Vorgänge bei der Erdölbildung“, schreibt W. A. SOKOLOW, „kann man sich in folgender Weise vorstellen. Die fein verteilte organische Substanz der marinen Sedimente, die sich einestils aus vom Lande her zugetragenen Stoffen, zum anderen Teile aus Zersetzungsprodukten von Meeresorganismen gebildet hat, wandelt sich bei mäßig tiefer Einbettung in sandigen ebenso wie in tonigen, kalkigen und sonstigen Ablagerungen in Verbindungen um, die gegen bakterielle und chemische Einwirkungen durchaus widerstandsfähig sind. Sie bestehen hauptsächlich aus den Endprodukten des Zerfalls der Eiweißkörper und Produkten ihrer Reaktion mit anderen organischen Stoffen sowie aus Lignin-Humus- und anderen Stoffen pflanzlicher Herkunft. Aber in geringer Tiefe unter dem Meeresboden erfolgt eine *mehr oder weniger vollständige, durch die Tätigkeit der Bakterien verursachte Dekarboxylierung der organischen Substanzen.*“ (8). (Hervorgehoben von W. P.)

„Bei weiterer Bedeckung und Versenkung der Sedimentgesteine gehen im Laufe geologischer Perioden die bereits beschriebenen Prozesse des Zerfalls der organischen Substanz unter Bildung von Erdöl-Kohlenwasserstoffen vor sich. Diese Zerfallsprozesse werden allmählich in dem Maß beschleunigt, wie die Sedimentgesteine tiefer einsinken und die Temperatur sich erhöht“ (8).

W. A. SOKOLOWS Schema scheidet somit scheinbar keinerlei Umwandlungsstufen des organischen Materials und keinerlei „Protprodukte“ aus. Dieser Eindruck trägt jedoch. Tatsächlich ist aus dem angeführten langen Zitat ersichtlich, daß er deutlich zwei Stadien unterscheidet: das erste Stadium ist die vollständige biochemische Reduktion, die „in geringer Tiefe unter dem Meeresboden“ abgeschlossen wird, und das zweite Stadium die durch Temperaturerhöhung im Zusammenhang mit dem Absinken des Sediments bedingte thermische Zersetzung.

Jedes dieser Stadien hat seine eigenen Faktoren der Metamorphose: im ersten Stadium wirken der biochemische Faktor und das Altern der Kolloide, im zweiten die thermische und radioaktive Zersetzung sowie die katalytische Disproportionierung. Natürlich sind auch ihre Produkte voneinander völlig verschieden. Das Produkt des ersten Stadiums ist Kerogen mit einer organischen, bis zum Höchstmaß reduzierten Masse. Es hat eine selbständige geologische Bedeutung und muß zu den „Protprodukten“ gerechnet werden, d. h. zu den Zwischenbildungen auf dem Wege der Umwandlung der organischen Substanz in Erdöl. Der Prozeß der weiteren Umwandlung kann in diesem Stadium unterbrochen werden, wenn erhöhte Temperaturen, wie z. B. in Tafeln, fehlen. Derartige „Protprodukte“ müssen in der Natur weitverbreitet sein. Interessant ist, daß dieser Vorgang wohl der paradoxen, an solche Bildungen gestellten Forderung genügt, jedoch noch von keinem Geologen jemals beobachtet wurde, da organische Substanz in dispersem Zustand sich in tonig-karbonatischen Gesteinen immer in schwach reduzierter Form vorfindet, was von uns in anderen Arbeiten (7) erklärt wurde. Die Vorgänge der biochemischen Reduktion kommen in diesem Fall früh zum Stillstand, und die organische, kolloidal alternde Substanz geht in den fossilen Zustand mit einem großen Gehalt an Sauerstoff über. Das wird in A. F. DOBRJANSKIJS Arbeit „Die Brennschiefer der UdSSR“ sehr überzeugend durch zahlreiche Analysen (3) nachgewiesen.

So führt die Logik der chemischen Vorstellungen auch in dieser Variante der organischen Theorie zur These eines zweistufigen Prozesses der Erdölentstehung und von Zwischenformen.

### Die Theorie der Erdölbildung bei hoher Temperatur nach W. B. PORFIRJEV und I. W. GRINBERG

Im Gegensatz zur Theorie der Erdölmuttergesteine in allen ihren Varianten nimmt unser Schema als Anfangsstadium der Ansammlungen organischer Substanz deren konzentrierte, homogene, kolloidal-wasserhaltige Form an. Im Gegensatz zu den Schemata von A. F. DOBRJANSKIJ und W. A. SOKOLOW weisen wir den Fettstoffen die Hauptrolle bei der Bildung von Erdöl-Kohlenwasserstoffen zu.

Unser geologisch und chemisch ausgearbeitetes Schema beinhaltet als Grundidee die Paragenese von Erdöl- und Kohlebildungen. Wir betrachten den Vorgang der Erdölbildung als Sonderfall des allgemeinen Prozesses der Fossilierung organischer Substanz nach seiner Einbettung in die Erdkruste und unter Einwirkung geologischer Faktoren der Metamorphose, die sowohl für die Entstehung fossiler Kohlen wie für die der Erdölbitumina die gleichen sind. Nach ihrer chemischen Zusammensetzung und ihren physikalischen Eigenschaften bilden die Substanzen der Kohlen- und der Erdölreihe fließende Übergänge und Zwischenformen.



Die Umwandlung in Erdöl begünstigen folgende Voraussetzungen: chemisch — Überwiegen der Fette; Medium — reduzierend; physikalisch — homogen (ohne wesentliche Beimengung mineralischer Stoffe); kolloidal — hochwasserhaltig.

Bei der Kohlenbildung wird die Metamorphose durch schnelle Entwässerung der organischen Masse, Altern ihrer Kolloide, Kondensation der Moleküle und dauernde Anreicherung mit Kohlenstoff gekennzeichnet. Für die Umwandlung der organischen Substanz in Erdöl ist es erforderlich, daß der kolloidal-wäßrige Zustand bis zum Beginn der thermischen Zersetzung anhält. Eine frühzeitig beginnende Wasserentziehung verursacht kolloidales Altern der organischen Masse, Vorgänge der Polymerisation und Kondensation, d. h. leitet sie auf den „Kohlen-Weg“, von dem es keine Rückkehr zum „Erdöl-Weg“ gibt.

Bei der Entstehung des Erdöls wird die Metamorphose durch die völlige Befreiung vom Sauerstoff, die Erhöhung des Wasserstoffgehaltes, den Zerfall der hochmolekularen Verbindungen und den Umbau der Strukturformen (Bildung von Naphthenen, von aromatischen Kohlenwasserstoffen) gekennzeichnet. Der Zerfall und Umbau der Strukturformen erfolgt bei hohen Temperaturen (Größenordnung 300°) und hohen Drucken in Gegenwart von Wasser.

Der Vorgang der Umwandlung von Ansammlungen organischer Ausgangsstoffe in Erdöl-Kohlenwasserstoffe verläuft gerichtet und kontinuierlich; und obwohl in dem Schema eine Reihe Stadien unterschieden werden, sind diese nicht voneinander isoliert, wie das in den vorher betrachteten Schemata der Erdölbildung zu verzeichnen ist. Es kann keine Unterbrechung zwischen ihnen in dem Sinne geben, daß das Aufhören der Wirkung des einen oder anderen Faktors oder eine Veränderung der erforderlichen Verhältnisse in dem einen oder anderen Stadium den Erdölbildungsprozeß unter allen Umständen unterbricht und die organische Substanz auf den Kohlen-Weg überführt. Eine erneuerte Tätigkeit dieser Faktoren, z. B. eine neuerliche Temperaturerhöhung, korrigiert die Sachlage bereits nicht mehr. Diese Kontinuität des Umwandlungsprozesses ist eine prinzipielle Voraussetzung des gegebenen Schemas.

Eigentlich hätten wir mit größerem Recht als W. A. SOKOLOW auf eine Unterscheidung dieser Stadien verzichten können. Doch das war nötig, um einerseits zu zeigen, in welches natürliche Gebilde sich der organische Stoff nach dem Erdölstadium verwandelt und andererseits, um die Natur dieser Formen zu erklären, welche ihren Eigenschaften nach Zwischenformen zwischen Kohlen und Erdölen darstellen.

Das „Urerdöl“ unseres Schemas ist das Produkt des Anfangsstadiums der thermischen Zersetzung von vorher weitgehend reduzierter organischer Substanz. Das „echte“ Erdöl ist das Produkt der Zersetzung bei höherer Temperatur und der Strukturumwandlung. Die „Oxyasphalte“ und „Maltha“ werden in unserem Schema als Polymerisationsprodukte des „Urerdöls“ bezeichnet, das aus dem Erdölzyklus abgeleitet wird. Reste des „Ur“erdöls werden in einigen jungen Erdölen angetroffen, z. B. im Erdöl der Insel Java.

### Die Zwischenprodukte im Schema I. O. BROD's

Um die Übersicht über die modernen Auffassungen der Erdölbildung einschließlich der Vorstellung von den

### Schema der Erdölbildung nach W. B. PORFIRJEW und I. W. GRINBERG

Typische Umwandlungsprodukte, wenn der Zyklus abreißt

Erdölzyklus der Umwandlung organischer Substanz

#### Stadium der Anhäufung am Boden

##### Coorongit

Entwässertes Gel eines stark reduzierten Gemisches organischer Verbindungen (Fettsäuren, Kohlehydrate und andere); C — 79,7, N — 0,75; S — 0,1; H — 12; O — 7,5%

##### Stark wäßriges Gel

von Produkten der biochemischen Reduktion der angesammelten organischen Ausgangssubstanz (vorwiegend aus Fetten)

#### Stadium mäßig tiefer Einbettung

*Sapropelitische Kohlen* mit strukturloser Grundmasse (Sapropelit von Barsass; Kännelkohle von Chakimi; Kännelkohle von Lugau — „festes Erdöl“); C — 84; 1 H — 11,5; N — 2,5; S — 1,8; O — 0,3%

Sapropokkoid, kolloidales wasserreiches Gemisch hochmolekularer Kohlenwasserstoffe und anderer Produkte weitgehender Reduktion der organischen Ausgangsmasse

#### Stadium der Zersetzung bei niedriger Temperatur (150 bis 200°) (Thermolyse)

##### Oxyasphalte

Trinidad-Asphalt: C — 78,8; H — 9,3; S + O — 10,7%

Asphalte des Wolgalandes:

C — 72,7; H — 8; O — 13%

Asphalte des Wolgalandes: C — 72,7;

H — 8; O — 13%

Maltha: C — 83; H — 9,4; O — 7,6%

##### Urerdöl

hochmolekulare Paraffine, ungesättigte Kohlenwasserstoffe in reicher Menge, Komplex von Erdölharzen. „Trinaskol“. An ungesättigten Kohlenwasserstoffen reiches Erdöl der Insel Java

#### Stadium der Zersetzung bei hoher Temperatur (300°)

##### Sauerstofffreie Asphalte

Asphalte von Pechelbronn und Sizilien: C — 84,9; H — 11,3; S — 3,6; O — 0,1%

##### Erdöl

Niedermolekulare Paraffine, Isoverbindungen, Naphthene, aromatische Kohlenwasserstoffe. Asphalt-Harz-Komplex

Zwischenprodukten zu vervollständigen, müssen die Arbeiten I. O. BROD's erwähnt werden, wenn auch ihr Verfasser kein neues geochemisches Schema liefert, da er sich lediglich auf eine gewisse Modernisierung der Variante von I. M. GUBKIN beschränkt (4). I. O. BROD hält sich streng an die Leitsätze der Erdölmuttergesteinstheorie und betrachtet als Ausgangsform für die Bildung der Kohlenwasserstoffe des Erdöls einen diffus verstreuten kerogenen Stoff in tonig-karbonatischen Gesteinen. Er betrachtet derartige Faktoren, wie die biochemische Reduktion, die thermokatalytische Zersetzung und die radioaktiven Strahlungen in ihren Wirkungen als gleichwertig und befaßt sich nicht mit der Untersuchung des Chemismus der Umwandlung der organischen Ausgangsverbindungen.

Er schließt sich der Meinung I. M. GUBKIN's an, daß sich nur ein Teil des organischen Stoffes der Erdölmuttergesteine in Kohlenwasserstoffe umwandeln und durch seine Migration in poröse Speicher Erdölansammlungen schaffen.

Da I. O. BROD erklären muß, wie das Erdöl durch tonige, im allgemeinen undurchlässige Gesteine migriert, wird er gezwungen, die Migration in der Gasphase, in Form feinsten, molekularer Filme, zu postulieren. Daraus ergibt sich logisch die Annahme, daß sich der Aggregatzustand der Kohlenwasserstoffe im Muttergestein, der auf diese Weise migrieren kann, grundsätzlich vom Zustand der Kohlenwasserstoffe unterscheidet, aus denen das natürliche Erdöl besteht; das letztere kann offensichtlich wegen der in ihm in großer Menge vorhandenen hochmolekularen Verbindungen nicht auf diese Weise migrieren.

Diese nicht beobachtete, aber logisch aus dem vorgefaßten Migrationsschema hervorgehende Veränderung der Eigenschaften zwingt I. O. BROD, „von der qualita-



tiven Veränderung der organischen Verbindungen im Zusammenhang mit dem Übergang von der molekularen Ortsveränderung zur freien Differentiation“ zu sprechen, ferner, daß „der Übergang in die neue Qualität unter starken quantitativen Veränderungen sprunghaft erfolgt.“

Trotz dieser dialektischen Begründung läßt sich die völlig eindeutige Vorstellung nicht verbergen, daß in den Speicher aus dem Muttergestein nicht Erdöl, sondern irgendwelche „Umwandlungsprodukte der organischen Stoffe“ einwandern, die erst später, durch metamorphe Vorgänge, die Merkmale des echten Erdöls annehmen. Und obwohl I. O. BROD sehr entschieden erklärt, daß „sich nur durch das Unverständnis für die dialektische Entwicklung in der Natur die Entstehung der Vorstellung von einem mystischen, von niemandem und nirgendwo aufgefundenen Zwischenprodukt — dem Urerdöl, erklären läßt, das in allen auf metamorphen Vorgängen begründeten Hypothesen erscheint“, so spricht doch sein Schema ganz unzweideutig dafür, daß sein Verfasser ein Anhänger dieser „verderblichen Ketzerei“ von dem „Zwischenprodukt“ ist, wie S. F. FJODOROW und M. F. MIRTSCHINK (11) sehr richtig hervorhoben.

### Die Theorie der Erdölbildung aus dispersen Kohlenwasserstoffen nach W. A. USPENSKIJ und SMITH

Zum Abschluß der Übersicht über die modernen Theorien der organischen Entstehung des Erdöls müssen wir uns noch einer Variante der Theorie der Erdölmuttergesteine zuwenden, die in letzter Zeit sehr populär wurde. Das ist die Variante von W. A. USPENSKIJ und SMITH, welche die Quelle für die Bildung großer Erdölansammlungen in dem Kohlenwasserstoffanteil der organischen Masse kerogener „Erdölmuttergesteine“ erblickt.

Seinerzeit verwandten die Anhänger der Theorie der Erdölmuttergesteine viel Mühe darauf, Erdöl-Kohlenwasserstoffe sowohl in Bodensedimenten günstiger Fazies als auch in der organischen Masse des Kerogens von Gesteinen zu suchen, die als „Erdölmuttergesteine“ betrachtet wurden. Diese Theorie sah in dem in der Zone des Bodensediments besonders wirksamen biochemischen Faktor den Hauptfaktor für die Umwandlung der organischen Ausgangssubstanz in Erdöl. Spezielle Untersuchungen wiesen jedoch keine nennenswerten Mengen von Kohlenwasserstoffen nach, und es gelang ebenso wenig im Laboratorium, durch biochemische Reduktion andere Kohlenwasserstoffe als Methan zu erhalten. Daher wurde anerkannt, daß sich Kohlenwasserstoffe auf biochemischem Wege nicht bilden, ferner, daß Bakterien hierbei nur eine vorbereitende Rolle spielen.

Die Untersuchungen W. A. USPENSKIJs und seiner Mitarbeiter (10) bewiesen das Vorhandensein von sogenanntem „Bitumen“ des Kerogens in den verschiedenartigsten Sedimentgesteinen verschiedenen geologischen Alters (freilich waren nur ganz unbedeutende Mengen von Kohlenwasserstoffen im extrahierten Anteil nachzuweisen). W. A. USPENSKIJ schätzte ihren Gehalt in erster Annäherung auf 0,005% des Gesteins und unterstrich die gewaltige Gesamtmenge.

Bei der Untersuchung der Bildungswege dieser Kohlenwasserstoffe kommt W. A. USPENSKIJ zu dem Schluß, daß sie teilweise von der organischen Ausgangsmaterie ererbt, teilweise im Bodensatz durch biochemische Reduktion gebildet wurden und teilweise durch die Wirkung geologischer Faktoren (Metamorphose) entstanden.

Die Forschungen einer Gruppe von Mitarbeitern des Instituts für geologische Erdölerkundung der UdSSR, die unter der Leitung von W. W. WEBER rezente Bodensedimente von der Art der vermutlichen Muttergesteinsfazies studierten, bestätigten, daß Kohlenwasserstoffe in den rezenten Sedimenten etwa auch in den gleichen Mengen vorkommen. 1954 wurden ähnliche Angaben von SMITH (14) veröffentlicht. Seine Forschungen umfaßten einen außerordentlich weiten Kreis von Objekten und bewiesen das Auftreten von Kohlenwasserstoffen in Sedimenten verschiedener mariner Fazies, sowohl in rezenten, wie auch in älteren, ferner in Proben, die in Sümpfen, Flußdeltas, Torfgruben, im Waldboden usw. genommen worden waren. Der Wert 0,005% für den Gehalt an Kohlenwasserstoffen im Gestein kann als „Clarke“ sowohl für rezente wie auch für ältere Sedimentgesteine angenommen werden.

Die chemische Seite der Bildung dieser Kohlenwasserstoffe, ebenso wie ihre Beziehungen zu den organischen Verbindungen des Erdöls, wurde nicht untersucht. Dies war auch schwierig auszuführen, wenn man die verschwindend geringen Mengen der extrahierten Kohlenwasserstoffe berücksichtigt, deren Charakter (naphthenartig, aromatisch) nur in erster und sehr grober Näherung durch Infrarotspektrographie bestimmt wurde. Aber in geologischer Hinsicht bot sich die äußerst verlockende Möglichkeit, ein so kompliziertes Problem auf dem Wege einer einfachen physikalischen Konzentration schon fertiger Erdöl-Kohlenwasserstoffe der Lösung zuzuführen.

Die Theorie stieß jedoch auch bei diesem Versuch auf große Schwierigkeiten, nämlich bei der Frage, auf welche Weise derart kleine Mengen dieser Kohlenwasserstoffe nicht nur aus dem Gestein, sondern auch aus der Masse des kohlenartigen Kerogens selbst abgetrennt werden. Man mußte die Hypothese von der Migration dieser Kohlenwasserstoffe in gasförmiger Phase heranziehen. Da die hochmolekularen Verbindungen des Erdöls, insbesondere die asphaltisch-harzigen, in den gasförmigen Zustand nicht ohne Zersetzung übergehen können, muß man logischerweise zugeben, daß die Kohlenwasserstoffsubstanz im gasförmigen Zustand, aber noch ohne viele charakteristische Züge des natürlichen Erdöls, aus dem Muttergestein in den Speicher übertritt und sich in ihm kondensiert. Seine endgültige Prägung erhält das Erdöl folglich erst im Speichergestein. „Das Erdöl in seinem Anfangszustand“, schreibt W. A. USPENSKIJ, „ist methan-naphthenisch mit einem geringen Anteil an aromatischen Kohlenwasserstoffen und asphaltisch-harzigen Bestandteilen sowie einem hohen Gehalt an festen Kohlenwasserstoffen“ (10).

Die weitere Metamorphose, die sich in einer Oxydation infolge der Reduktion von Sulfaten durch Bakterien und der Bildung eines asphaltisch-harzigen Komplexes äußert, und die Entfernung der festen methanhaltigen Kohlenwasserstoffe, „die von den Mikroorganismen intensiv verbraucht werden“, bedingen eine allmähliche Umbildung des ursprünglich methan-naphthenischen und wenig Harz enthaltenen Erdöls in ein naphthenisch-aromatisches und paraffinfreies Erdöl. Eine noch weitergehende Oxydation und Schwefelung führt zur Bildung von Maltha und Asphalten.

Auf diese Weise und nach diesem Schema haben wir erstens eine Zweistufigkeit der Erdölbildung und ein obligatorisches „Protoprodukt“, das sich im Speicher



ansammelt, sich dann aber umwandelt, mit asphaltisch-harzigen Komponenten anreichert und schließlich Aussehen und Eigenschaften des „echten“ Erdöls annimmt.

Die kritischen, von S. F. FJODOROW und M. F. MIRTSCHINK vorgebrachten Bemerkungen zur Konzeption I. O. BRODS, die in maskierter Form die Vorstellung einer Zwischensubstanz enthält, gelten vollinhaltlich auch für die Theorie W. A. USPENSKIJS.

### Die Zwischenprodukte in den Theorien der anorganischen Entstehung des Erdöls

Die Autoren der modernisierten Varianten der Theorien über die anorganische Entstehung des Erdöls, N. A. KUDRJAWZEW (6) und P. N. KROPOTKIN (5), lehnen in Bausch und Bogen alle Thesen der organischen Variante und ihre Begründung ab. Sie halten Bildungen des Erdöl- und des Kohlentyps für grundsätzlich verschiedene, gesonderte, und nicht durch Zwischenformen verbundene Erscheinungen. Diese negative Einstellung zum „Protonaphtha“ der verschiedenen Schemata resultiert nicht aus einer gründlichen Analyse der chemischen Seite des Problems, sondern aus der allgemeinen Konzeption der Verfasser dieser Theorie der anorganischen Synthese von Erdöl-Kohlenwasserstoffen. Ihre Argumentation läuft ebenfalls auf die Behauptung hinaus, daß kein Geologe jemals das „Protonaphtha“ gesehen habe.

Ohne uns auf eine Kritik der Grundlagen dieser originellen und interessanten Varianten einzulassen, bemerken wir nur, daß auch nach dem Schema der anorganischen Herkunft des Erdöls, und zwar jeder beliebigen Variante (D. I. MENDELEJEW, N. A. KUDRJAWZEW, P. N. KROPOTKIN), die Bildung des komplizierten, „natürlichen Erdöl“ genannten Komplexes organischer Verbindungen eine Reihe von Stadien und Zwischenformen durchläuft.

Nach der Hypothese D. I. MENDELEJEWs dringt Wasser auf tiefen Spalten in der Erdkruste bis zu metallischen, karbidhaltigen Massen vor. Bei Reaktion des Wassers mit den Karbiden „entstand eine Mischung von Kohlenwasserstoffen, die in gasförmigem Zustande ihren Entstehungsort verließen und sich in irgendwelchen Hohlräumen oder in porösen Sedimentgesteinen der erkalteten Teile der Erdkruste kondensierten. An den Stellen, wo sie sich ansammelte, erlitt diese Kohlenwasserstoffmischung weitere Veränderungen. Letzten Endes führte das zur Entstehung des Erdöls mit allen seinen uns wohl bekannten Eigenschaften“ (zitiert nach G. L. STADNIKOW (9)).

Nach N. A. KUDRJAWZEW bilden sich die Erdöl-Kohlenwasserstoffe aus ungesättigten Formen, wie z. B. Methin  $\text{CH}$ , Methylen  $\text{CH}_2$  und Methyl  $\text{CH}_3$ , die in magmatischen Tiefenzonen vorkommen und sich unter Bildung von Erdöl-Kohlenwasserstoffen polymerisieren, wenn sie sich — zusammen mit anderen Gasen — aus dem Magma abscheiden. „Natürlich bilden sich die in die Zusammensetzung des Erdöls eingehenden Kohlenwasserstoffe und anderen chemischen Verbindungen nicht alle sofort, sondern nach und nach, wenn die entsprechenden Bedingungen erreicht sind. Der Prozeß ihrer Entstehung und weiteren Umwandlung setzt sich zweifellos auf dem ganzen Wege vom Magmaherd bis zur Lagerstätte und sogar in dieser fort“ (6). Dieses Zitat aus N. A. KUDRJAWZEWs Arbeit spricht mit genügender Bestimmtheit von Zwischenformen der Kohlen-

wasserstoffe, die erst nach einem langen Wege der Umwandlung die Eigenschaften des echten Erdöls erwerben.

Auch P. N. KROPOTKIN erklärt die Bildung wirtschaftlich verwertbarer Erdölansammlungen durch Migrationsvorgänge auf tief in die Erdkruste hinabsetzenden Spalten. Er verbindet die eigentliche Genese des Erdöls jedoch „nicht mit dem Vulkanismus, nicht mit dem Magma, sondern mit dem Aufsteigen von Gasen nichtmagmatischer Herkunft: Helium, Stickstoff, Kohlenwasserstoffe, die vom Urbeginn an in dem Ausgangsmaterial vorhanden waren, aus dem sich die Erde und die anderen Planeten bildeten“ (5).

Die Vorstellung von einer Migration im gasförmigen Zustand schließt natürlich aus, daß in der migrierenden Substanz hochmolekulare Verbindungen auftreten, die für das natürliche Erdöl so charakteristisch sind; daher ist der Verfasser gezwungen, „ein solches Schema“ anzunehmen, „das die lange Geschichte der Evolution des Erdöls berücksichtigt, welches allmählich seine Zusammensetzung veränderte, ehe es jenes chemische Gepräge erhielt, das wir in den heute ausgebeuteten Erdölagern beobachten“ (5).

Wir haben uns somit überzeugt, daß auch die Verfasser der Theorie der anorganischen Synthese des Erdöls, die entschieden jede Art von „Protonaphtha“ und besonders das „Urerddöl“ unseres Schemas ablehnen, selbst Zwischenformen akzeptieren, deren hervorstechendste Eigenart in ihrer chemischen Unbeständigkeit und der Neigung zu Veränderungen der Struktur besteht.

Aber auch das „Urerddöl“ unseres Schemas ist durchaus keine dicke asphaltähnliche Substanz, wie das N. A. KUDRJAWZEW und P. N. KROPOTKIN ebenso wie andere unserer Kritiker annehmen, die sich nicht bemüht haben, unsere Arbeiten aufmerksam durchzulesen, und die das „Urerddöl“ des Schemas von G. L. STADNIKOW sowie die Oxyasphalte A. F. DOBRJANSKIJS mit dem „Urerddöl“ unseres Schemas verwechseln. Während die Zwischensubstanzen der Schemata G. L. STADNIKOWs und A. F. DOBRJANSKIJS in Form von „asphaltähnlichen“ dicken, halbfesten Bildungen auftreten, die sich später zu wirklichem Erdöl verflüssigen, ist das „Urerddöl“ unseres Schemas ein Gemisch aus hauptsächlich ungesättigten Kohlenwasserstoffen, ein Gemisch aus Teilen zersetzter Moleküle, die leicht, beweglich und chemisch äußerst aktiv sind. Ihr Übergang in den Zustand echten Erdöls wird von einer Kondensation und Polymerisation begleitet, d. h. physikalisch von einer gewissen Verdickung. Deshalb steht unser „Urerddöl“ den Zwischenformen N. A. KUDRJAWZEWs und P. N. KROPOTKINs näher als dem „Urerddöl“ G. L. STADNIKOWs oder A. F. DOBRJANSKIJS.

Wir haben damit alle modernen Schemata der natürlichen Erdölbildung behandelt. Es sind deren nicht so viele, wie Nichtspezialisten gewöhnlich meinen; und man kann sie, wie wir gezeigt haben, auf einige wenige Gruppen zurückführen. Wir hätten noch die Ansichten von WHITE, FASH, CHLAUSCHECK und anderen behandeln können. Doch das sind lediglich Varianten, die sich nur in Einzelheiten von den vorstehend betrachteten Haupttheorien unterscheiden.

Wenn wir nur die Konzeption von der organischen Herkunft betrachten, welche das Erdöl für ein Ergebnis der Umwandlung eingebetteter Rückstände pflanzlich-tierischer Materie hält, so können wir trotz der schein-



baren Vielfältigkeit der vorgeschlagenen Lösungen ohne Mühe eine Reihe von Leitsätzen formulieren, die allen gemeinsam sind. Alle Varianten, einschließlich der Konzeption einer anorganischen Synthese, beinhalten die Vorstellung der Zweistufigkeit bei der Entstehung des natürlichen Erdöls. Bei der Gruppe der Theorien, welche von der organischen Herkunft ausgehen, sind zwei Stadien zu unterscheiden: erstens das Stadium der biochemischen Umwandlung der ursprünglichen Ansammlungen, und zweitens das Stadium der Metamorphose dieser Umwandlungsprodukte.

Das erste Stadium steht außerhalb jeder Diskussion. Die biochemische Umwandlung wird in allen Varianten als ein tiefgehender Reduktionsvorgang angesehen. Das zweite Stadium wird verschieden aufgefaßt, und die endgültige Formung des Strukturcharakters der organischen Verbindungen im natürlichen Erdöl wird behandelt als ein komplizierter Komplex von Prozessen der thermischen Zersetzung, der katalytischen Disproportionierung des Wasserstoffs, der Hydrierung von Molekülen, der Oxydation, Polymerisation und Kondensation.

Bei der Betrachtung des Problems der „Zwischen“-substanzen muß man betonen, daß das von allen Varianten anerkannte Prinzip der „Zweistufigkeit“ schon a priori nicht nur die Möglichkeit, sondern auch die Unbedingtheit derartiger Zwischenformen definiert. Im vorhergehenden wurde gezeigt, daß alle Schemata — darunter auch jene, deren Verfasser ihre ablehnende Einstellung zu der für sie sogar aus philosophischen Gründen unannehmbaren Idee von Zwischensubstanzen erklären — diese Vorstellung entweder offen oder in maskierter Form anerkennen. Die Prozesse der biochemischen Reduktion allein können nicht jenen Komplex organischer Verbindungen erzeugen, der als natürliches Erdöl bezeichnet wird. Die Produkte der biochemischen Umwandlung, seien es gasförmige Kohlenwasserstoffe (in den Schemata von I. M. GUBKIN und I. O. BROD) oder hochmolekulare, feste (im Schema von W. A. USPENSKIJ), oder auch der verwickelte Komplex halbzersetzter Reduktionsprodukte von Humin- und Fettstoffen (im Schema von G. L. STADNIKOW und A. F. DOBRJANSKIJ), all das sind echte „Zwischensubstanzen“, die den Definitionen dieser — vom Gesichtspunkt der Geologen aus nicht annehmbaren — Vorstellung eines „Urerdöls“ entsprechen. Erstens sind das rein gedankliche Bestandteile der theoretischen Schemata, welche sich logisch aus den Forderungen der letzteren ergeben. Zweitens müssen das stabile Gebilde sein, die selbständige geologische Bedeutung besitzen. Drittens, wenn das weite regionale Aushalten der Erdölbildungen berücksichtigt wird und der Umstand, daß jedes Erdöl durch solche Zwischenformen hindurchgehen muß, so müssen letztere in der Natur äußerst weitverbreitet sein. Da die Prozesse der biochemischen Umwandlung in sehr geringen Tiefen unter der Erdoberfläche aufhören, müßten diese Bildungen, die noch nicht metamorphisiert werden konnten, auf Schritt und Tritt zu finden sein.

Leider erfüllen sie diese Forderungen nicht. Trotz all des vorher Gesagten hat diese Bildungen bisher niemand angetroffen. Das stellt sie auf eine Stufe mit den Ursubstanzen der chemischen Schemata und erfordert ihre ebenso strenge Verurteilung. Bildungen, die dem Urerdöl ENGLERS und BERLS entsprechen, sind nicht gefunden worden. Das „Urerdöl“ G. L. STADNIKOWS ist

in der Natur nicht aufgefunden worden. Als Zwischenprodukte können die „Oxyasphalte“ A. F. DOBRJANSKIJS nicht anerkannt werden. Doch ebenso unbekannt sind Ansammlungen von Gaskondensaten, die aus einer Mischung von Benzinen und festen Paraffinen in Verbindung mit asphaltisch-harzigen Bestandteilen bestehen, im Sinne der Vorstellungen von W. A. USPENSKIJ und SMITH, und um so weniger sind Gaskondensate im Sinne des Schemas von I. O. BROD oder von N. A. KUDRJAWZEW und P. N. KROPOTKIN bekannt.

Einen Ausweg aus dieser Sackgasse ungelöster Widersprüche zwischen der Geologie und der Chemie zeigt nur unser Schema, und die einzige Ausnahme unter allen diesen „Ursubstanzen“ ist das Urerdöl unseres Schemas, auf das das primitive Kriterium: „Niemand hat es gesehen“, nicht anwendbar ist. Sehen kann man es freilich nicht, insofern es lediglich ein bestimmtes Stadium eines gerichtet verlaufenden chemischen Prozesses ist und nur bei hoher Temperatur und hohem Druck existiert. Außerhalb dieser Verhältnisse verändert es sowohl seine physikalischen wie auch chemischen Eigenschaften. Die ursprüngliche Natur seiner Umwandlungsprodukte vermag man nur auf dem Wege der Analyse und des Vergleichs zu erkennen. Beiläufig sei gesagt, daß das „Urerdöl“ unseres Schemas nicht den Charakter einer asphaltartigen Substanz besitzt, wie es viele ihrer Kritiker sich vorstellen. Im Gegenteil, es ist eine sehr leichte Flüssigkeit, die sich durch den Reichtum an Produkten der thermischen Zersetzung auszeichnet. Zwar sind die Produkte seiner nicht umkehrbaren Umwandlung tatsächlich Asphalte; nach unserem Schema wandelt sich jedoch Asphalt nicht in Erdöl um.

An dieser Vorstellung ist nichts Unlogisches. Wir haben in vielen Fällen keine Möglichkeit, instabile Formen, z. B. hydrothermale Lösungen und magmatische Schmelzflüsse, zu beobachten. Doch wir sind von ihrer realen Existenz überzeugt, weil die Produkte ihrer Metamorphose irreversibel sind.

Im vorliegenden Fall haben wir es mit derartigen Produkten der Metamorphose des Urerdöls unseres Schemas zu tun. Und solche Formen finden die Geologen in der Natur vor. Wenn sie über deren Natur nicht nachdenken und sie nicht verstehen, so liegt die Ursache hierfür im Fehlen geochemischer Kriterien. Solche Umwandlungsprodukte des Urerdöls sind viele Naturasphalte, besonders die hochsauerstoffhaltigen. Darüber hinaus kann unser Schema als einziges von allen Schemata der Erdölbildung ein wirkliches, nicht polymerisiertes Urerdöl in dem an ungesättigten Kohlenwasserstoffen reichen Erdöl der Insel Java demonstrieren.

Der Reichtum an Zwischenformen zwischen „Urerdöl“ und „echtem“ Erdöl, das — nebenbei gesagt — auch keine bestimmte Kennzeichnung besitzt, erschwert die Abgrenzung zwischen beiden aufs äußerste, ebenso wie die Neigung der chemisch aktiven Verbindungen des „Urerdöls“ zur Polymerisation und Umwandlung in eine kohlenartige Form. Aber unter allen Umständen ist die Vorstellung von dem Urerdöl unseres Schemas geochemisch gerechtfertigt und durch tatsächlich anzu treffende geologische Bildungen bestätigt.

Dies ist die geochemische Grundlage der interessanten und gewöhnlich in vereinfachter Form behandelten Frage über die Zwischensubstanzen auf dem Wege der Umwandlung des organischen Ausgangsstoffes in den Komplex eigenartiger Verbindungen, der als natürliches Erdöl bezeichnet wird.



## Literatur

1. BROD, I. O.: Erdöl- und Gaslager. — Gostoptechisdat, 1951.
2. GUBKIN, I. M.: Die Lehre vom Erdöl. — Verein. Wiss.-Techn. Verlage, 1937.
3. DOBRJANSKIJ, A. F.: Die Brennschiefer der UdSSR. — Gostoptechisdat 1948.
4. DOBRJANSKIJ, A. F.: Geochemie des Erdöls. — Gostoptechisdat 1948.
5. KROPOTKIN, P. N.: Die Entstehung der Kohlenwasserstoffe in der Erdkruste. Materialien des Rates für Fragen der Entstehung und Migration des Erdöls. — Verl. Ak. Wiss. UdSSR 1955.
6. KUDRJAWZEW, N. A.: Der gegenwärtige Stand des Problems der Entstehung des Erdöls. Materialien des Rates für Fragen der Entstehung und Migration des Erdöls. — Verl. Ak. Wiss. UdSSR 1955.
7. PORFIRJEW, W. B. & I. W. GRINBERG: Geologische und geochemische Voraussetzungen für die Entstehung des Erdöls. — Wiss. Nachr. Polytechn. Inst. Lwow, Aug. 16, 1949.
8. SOKOLOW, W. A.: Abriß der Genese des Erdöls. — Gostoptechisdat 1948.
9. STADNIKOW, G. L.: Die Entstehung von Kohle und Erdöl. — Goschimtechisdat, 1937.
10. USPENSKIJ, W. A., TSCHERNYSCHewa, A. S., MANDRYKINA, Ju. A.: Über die disperse Form des Vorkommens von Kohlenwasserstoffen in verschiedenen Sedimentgesteinen. — Mitt. Ak. Wiss. UdSSR, Geol. Reihe, Nr. 5, 1949.
11. FJODOROW, S. F.: Skizzen über die Geschichte der Erdölgeologie. — Verl. Ak. Wiss. UdSSR, 1953.
12. BERL, E.: Role of carbohydrates in formation of oil and bituminous coals. — Bull. Am. Ass. Petr. Geol., Bd. 24, Nr. 1, 1940.
13. ENGLER, C. & H. HÖFER: Die Entstehung des Erdöls, 1923.
14. SMITH, P.: Studies on Origin of Petroleum: Occurrence of Hydrocarbons in Recent Sediments. — Bull. Am. Ass. Petr. Geol., Bd. 38, Nr. 3, 1954.  
(Nr. 1—11 in russischer Sprache).

Über eine der wichtigsten Voraussetzungen der Erdölbildung<sup>1)</sup>

Von L. A. NASARKIN, Moskau

Im nachfolgend veröffentlichten Aufsatz wird die Bedeutung paläoklimatologischer Untersuchungen für die Bewertung der Erdölführung bestimmter Gesteinsformationen hervorgehoben. Die Redaktion stimmt dem Verfasser keineswegs in allen Punkten seiner Beweisführung zu. Sie hält jedoch diesen neuen Beweis für die enge Beziehung selbst anscheinend so „abstrakter“ und „rein wissenschaftlicher“ Forschungen zur geologischen Praxis für wichtig genug, in der „Z. f. a. G.“ veröffentlicht zu werden. D. R.

Die meisten Erdölgeologen — wie auch I. M. GUBKIN — betrachten die Pflanzen- und Tierwelt der Sedimentationsbecken als wichtigste Quelle der organischen Erdölmuttersubstanz, die durch organisches Material terrestrischer Herkunft ergänzt wurde.

Sowohl speziell paläogeographische Arbeiten als auch Arbeiten, die sich mit paläogeographischen Fragen im Zusammenhang mit der Beschreibung der Bedingungen befassen, die eine Anhäufung organischer Erdölmuttersubstanz begünstigten, beschränken sich in der Regel bei paläogeographischen Rekonstruktionen auf die Ermittlung der Umrisse und Tiefen der alten Sedimentationsbecken, die Klärung der Dynamik ihrer Wässer und die Feststellung der Gebiete, die terrestrisches Material in wechselnder Intensität lieferten. Sie berühren jedoch fast gar nicht die Existenzbedingungen der Pflanzen- und Tierwelt dieser Becken, obwohl diese den wichtigsten Faktor der Erdölbildung darstellt.

Wenn in einigen Arbeiten auch erwähnt wird, daß die Kenntnisse der bionomischen Verhältnisse in den Sedimentationsbecken der organischen Erdölmuttersubstanz von großer Bedeutung ist, so bleibt es trotzdem nur bei dieser unverbindlichen Erklärung. In den meisten Arbeiten wird aber über dieses Problem überhaupt nichts gesagt. Man vergißt irgendwie, daß die pflanzlichen und tierischen Organismen der Flachseebecken, welche als wichtigste organische Erdölmuttersubstanz zu betrachten sind, für ihre Entwicklung (wie von allen für unerläßlich erachtet wird) bestimmte günstige Verhältnisse verlangen, die vor allem klimaabhängig sind. In diesem Zusammenhang ist es äußerst wichtig, die Rolle des Klimas in der biologischen Produktivität mariner Flachwasserbecken zu klären, eines Faktors, der die quantitative Seite der Erdölbildung bedingt, und den Einfluß der paläoklimatischen Zonarität auf die räumliche Verteilung der Erdöl- und Erdgasvorkommen zu zeigen.

Die wichtigsten Faktoren, welche die biologische Produktivität der Wasserbecken quantitativ und qualitativ bedingen, sind Temperatur, Salzgehalt, Durchleuchtung und Gasregime. Man erkennt sofort, daß die Intensität, mit der diese Faktoren wirken, in der Hauptsache von den klimatischen Verhältnissen des Gebiets abhängt, in der das Wasserbecken liegt.

Die erwähnten Faktoren spielen in der biologischen Produktivität der Wasserbecken eine sehr große Rolle. Hydrobiologen (5, 6 u. a.) stellten fest, daß eine Erhöhung der

mittleren Jahrestemperatur, des Salzgehalts, der Verlängerung der Durchleuchtung (natürlich im Bereich des Lebensraums) die Produktivität der im Wasser lebenden pflanzlichen und tierischen Organismen sehr stark erhöht, wobei die besonders wichtige Rolle der Temperatur hervorgehoben wird. Die Ergebnisse einer quantitativen Registrierung der biologischen Masse (die im vorliegenden Falle die Jahresdurchschnittsmenge organischer Substanz in lebenden Organismen darstellt) sowie der jährlichen Produktion der wichtigsten faunistischen und floristischen Komponenten illustrieren das Gesagte gut. Eine derartige Registrierung wurde von L. A. SENKEWITSCH (5), S. W. BRUJEWITSCH (2) und W. A. JASCHNOW (13, 14) in der Barentssee und am Kaspischen Meer durchgeführt.

Nach den Angaben dieser Forscher leben auf 1 km<sup>2</sup> der Barentssee im Durchschnitt 173 t Hydrobionten, die jährlich 210 t organischer Rohmasse erzeugen (P/B = 1,2<sup>2</sup>). Im Kaspischen Meer leben auf 1 km<sup>2</sup> nur 110 t Hydrobionten, die jedoch jedes Jahr ungefähr 3000 t organischer Rohmasse erzeugen (P/B = 27,0). Der durchschnittliche Produktionskoeffizient des Kaspischen Meeres ist also 23mal höher als in der Barentssee.

Da vollständige Daten über die biologische Produktivität anderer (insbesondere kalter) Wasserbecken nicht vorliegen, können wir keine anderen Beispiele anführen. Berücksichtigt man jedoch, daß die Barentssee in der Gruppe der nördlichen Meere das produktivste ist, so werden im Hinblick auf andere Randmeere des hohen Nordens derartige Vergleiche noch kontrastreicher ausfallen.

In den Prozessen der Anhäufung organischer Substanz spielt der Charakter der vertikalen Wasserzirkulation, die die physikochemischen Verhältnisse am Meeresgrund bestimmt, eine sehr wesentliche Rolle. Der wichtigste Faktor, der den Durchmischungsgrad des Wassers bestimmt, ist das Verhältnis der Dichten von Tiefen- und Oberflächenschicht. Die Dichten hängen bekanntlich von Temperatur und Salzgehalt ab.

Ein vollständiger Kreislauf in der Vertikalen ist charakteristisch für flache Wasserbecken hoher Breiten. Dort wird in den kalten Jahreszeiten infolge der starken Abkühlung die Dichte der Wasserschicht an der Oberfläche so erhöht, daß sie höher als die Dichte der Schicht am Grund wird. Daher sinkt die mit Sauerstoff angereicherte Oberflächenschicht in die Tiefe. Ein unvollständiger vertikaler Kreislauf ist dagegen gewöhnlich in den Wasserbecken niedriger Breiten zu beobachten, wo infolge mäßiger Abkühlung der Oberflächenschicht nur der obere, 100 bis 150 m umfassende Teil der Wassersäule von der Zirkulation erfaßt wird. Es ist ganz offensichtlich, daß die gewöhnlich in den kalten Becken auftretende vollständige vertikale Zirkulation nicht im geringsten die Entstehung von Erdöl fördert, weil dank der gründlichen Durchmischung des Wassers der Bodenschichten hier ein oxydierendes Medium vorliegt, das die Verbrennung des größeren Teils der auf den Meeresgrund geratenden organischen Masse bedingt. Beispiele derartiger Becken sind die arktischen und randlichen Meere, in denen nach M. W. KLENOWA (7) und anderen Forschern der größere Teil der

<sup>1)</sup> In der „Erdölwirtschaft“ (russisch), Moskau, Heft 3, 1956 zur Diskussion gestellt.



Bodensedimente infolge ihrer Ablagerung im oxydierenden Medium eine braune Farbe hat und arm an organischer Substanz ist.

Bekanntlich befördert eine intensive Sedimentation von Mineraldetritus (feinem mineralischen Material) die anaerobe Fossilisierung des auf den Meeresboden gelangenden organischen Materials. Forscher, welche die geochemischen Vorgänge in der Verwitterungsrinde untersuchten und untersuchen (4, 9, 10 u. a.), weisen darauf hin, daß die Geschwindigkeit, mit der die Feldspäte zerfallen — die wichtigsten „Lieferanten“ des mineralischen (anorganischen) Feinmaterials —, in gleichartig feuchter Umgebung eng mit der Temperatur des umgebenden Mediums zusammenhängt. So schwankt nach den Angaben von K. I. LUKASCHEW (9) der Gehalt an tonigen Teilchen in den Böden am Unterlauf des Jenissei von 8 bis 13%, in den Böden der Ussa-Waldtundra von 10 bis 25%, in Südjakutien bis 35%, in den Böden des Amurbeckens von 35 bis 40%. In tropischen und subtropischen Gegenden tritt diese Gesetzmäßigkeit noch markanter in Erscheinung.

Vom Standpunkt der Erdölgeologie sprechen diese Tatsachen dafür, daß in Wasserbecken, welche Gebiete mit kaltem Klima entwässern, Verhältnisse herrschen, die für die Anhäufung organischen Erdölmuttermaterials ungünstig sind. Somit gibt es in der Natur außer dem bionomischen und hydrodynamischen Faktor noch einen Faktor, der die Ungunst der Verhältnisse für die Anhäufung organischen Materials in Becken der Zonen mit kaltem Klima vertieft.

Die Wichtigkeit des Klimas für die Sedimentation organischen Erdölmuttermaterials ist somit offensichtlich. In diesem Zusammenhang ergibt sich die Notwendigkeit, mit Hilfe möglichst aller Indikatoren die ehemaligen klimatischen Verhältnisse zu rekonstruieren, deren Evolution durch eine Reihe Faktoren bedingt wurde (Veränderung der Erdoberfläche, der Sonneneinstrahlung, Beschaffenheit der Luft-hülle usw.). Die Veränderungen der Erdoberfläche sind hier in erster Linie wichtig.

Die nützlichsten paläoklimatischen Indikatoren sind die Resultate der ehemaligen geochemischen und biochemischen Prozesse, die unter der Einwirkung der in der einen oder anderen Gegend herrschenden klimatischen Verhältnisse vor sich gingen.

Diese Prozesse führten in bestimmten Klimazonen zu charakteristischen Sedimenten und mineralisierten Resten und Abdrücken von Fauna und Flora. Bei ausreichendem Tatsachenmaterial ist dadurch die Rekonstruktion der alten klimatischen Verhältnisse und der Klimazonengrenzen möglich, was für uns sehr wichtig ist.

Um die oben entwickelten Folgerungen (daß die intensive Erzeugung von organischer Erdölmuttersubstanz und ihre anaerobe Fossilisierung an Wasserbecken des warmen Klimas gebunden ist) auf ihre Richtigkeit zu überprüfen, führten wir eine Reihe paläoklimatischer Rekonstruktionen aus, als deren Basis die paläogeographischen Karten von A. D. ARCHANGELSKIJ, A. N. MASAROWITSCH, N. M. STRACHOW, A. N. KRISCHTOFOWITSCH und anderen Geologen und Paläophytologen dienten. Der notwendig beschränkte Umfang dieses Aufsatzes gibt nicht die Möglichkeit der bildlichen Darstellung unserer Schlüsse. Von der Richtigkeit der prinzipiellen Folgerungen kann sich der Leser jedoch leicht überzeugen, wenn er sich mit den paläogeographischen Karten N. M. STRACHOWS (12) beschäftigt, die die Verteilung der Karbonatfazies wiedergeben und die dem Verfasser nach Ergänzung durch einige neue Ergebnisse als Grundlage für die Nachprüfung der prinzipiellen Thesen dieser Arbeit dienten.

Die Festlegung der Klimagrenzen, wo möglich, erfolgte im wesentlichen nach den äußersten Punkten, wo noch Anzeichen für eine Sedimentation vorhanden waren, wobei nur die Grenzen zwischen den warmen (erdöhlöffigen) und kalten Zonen interessierten. Die letzteren werden durch das Fehlen karbonatischer Gesteine, durch vorhandene kälteliebende Flora und Fauna und das Fehlen einer lateritischen Verwitterungsrinde usw. gekennzeichnet. Für eine eingehendere klimatische Gliederung lag keine Notwendigkeit vor, da sich die in die Karten eingetragenen Erdöllagerstätten (wo Erdöl entsprechenden Alters gewonnen wird) innerhalb der warmen Klimazonen hauptsächlich in Abhängigkeit von der Tektonik verteilen.

<sup>2</sup>) Der Wert P/B stellt das als „Produktivitätskoeffizient“ bezeichnete Verhältnis von Produktion und biologischer Masse dar.

Die Analyse der paläoklimatischen Rekonstruktionen gestattete folgende Schlüsse:

1. Klimatische Zonarität kennzeichnet die ganze post-algonkische Geschichte der Erde. Die klimatischen Gegensätze und die Flächenverhältnisse der warmen und kalten Klimazonen hingen völlig vom Flächenverhältnis zwischen Land und Meeresbecken und ihrer Breitenlage ab. Geokratische Epochen zeichneten sich durch schroffe zonare Kontraste und plötzliche Erweiterung der kalten Zonen aus, hierbei bedingten die geokratischen Verhältnisse in den hohen Breiten ein kaltes Kontinentalklima, während das Dominieren des Festlandes in äquatorialnahen Gebieten ein heißes arides Klima hervorrief. In thalassokratischen Epochen schwächten sich die Zonenunterschiede ab, in hohen Breiten wurde das Klima warm. Das alles führte zu einer starken Erweiterung der warmen Klimazonen. Mit den thalassokratischen Epochen war gewöhnlich die Bildung gewaltiger Karbonatmassive verknüpft. Infolgedessen bezeichnet man sie manchmal als „Karbonatepochen“.

Im Paläozoikum wurde die Ausbildung der karbonatischen Fazies anscheinend noch durch den hohen Kohlensäuregehalt der Atmosphäre begünstigt, die bekanntlich wie ein originelles „Mistbeetfensterglas“ wirkt, das die Wärmeausstrahlung der Erde zurückhält. Dadurch erklärt sich wahrscheinlich auch die weitere Verbreitung paläozoischer Karbonatgesteine in den hohen Breiten, während sich im Mesozoikum und Tertiär die Karbonate hauptsächlich in niedrigen und mittleren Breiten anhäufte, was in vielfacher Hinsicht an das heute zu beobachtende Bild dieses Vorgangs erinnert.

2. Intensive Erzeugung und anaerobe Fossilisierung der organischen Erdölmuttersubstanz sind für Wasserbecken in warmen Klimazonen charakteristisch. Eine Bestätigung dessen liefert die räumliche Verteilung der wirtschaftlich nutzbaren Erdöllagerstätten, die in der Regel zu den alten Zonen intensiver Karbonatsedimentation und zu Zonen tendieren, in denen andere Indikatoren für hohe atmosphärische Temperaturen nachzuweisen sind. Dabei liegt die über-große Mehrheit aller Lagerstätten, die über 99% des insgesamt geförderten Erdöls liefern, in niedrigen und mittleren Breiten.

Die Grenzen der Zonen mit warmem Klima haben wir etwas nördlich von den äußersten Punkten gezogen, an denen für diese Zonen charakteristische Indikatoren festgestellt werden (um Fehler zu vermeiden, die bei der starken Verdünnung der Karbonate mit terrigenem Material und unzureichenden Daten anderer Indikatoren möglich waren). In allen Fällen verliefen diese Grenzen in beträchtlicher Entfernung (500 km und darüber) nördlich der in der Regel meist vereinzelter, am meisten nach Norden vorgeschobenen wirtschaftlich nutzbaren Lagerstätten.

3. Günstige Verhältnisse für eine intensive organische Produktion in Wasserbecken bilden die wichtigste Voraussetzung für ein wirkungsvolles Auftreten aller übrigen Faktoren im Verlauf der Entstehung und Ansammlung von Erdöl.

In diesem Zusammenhang muß auf eine gewisse Einseitigkeit der von I. M. GUBKIN aufgestellten These hingewiesen werden, wonach die großen tektonischen Elemente eine überragende Rolle bei der Verteilung von Erdöl und Gasführung auf der Erde spielen, einer These, die er zum „Gesetz der räumlichen Verteilung der Erdölvorkommen“ erhoben hat.

I. M. GUBKIN nahm an, daß „... in den Randzonen der Gebirgszüge und in den Geosynklinalen in allen geologischen Zeiten Bedingungen vorlagen, die die Anhäufung organischen Materials in den Gesteinen begünstigten, das als Ausgangsmaterial der Erdölbildung diene. Eben an solchen Stellen entstanden Beckentypen, wie Lagunen, Limane, Trichter-mündungen usw., in denen sich pflanzliches und tierisches Plankton entwickelte, das, mit anorganischem Material vermengt, der Ausgangspunkt für die Bildung von Gesteinen organogenen Charakters oder von Kaustobiolithen war ...“ (3, S. 271). Seiner Meinung nach ist daher das Auftreten einer tektonischen Einsenkung außerhalb jeder Abhängigkeit von der räumlichen Lage dieser Einsenkung und dem Charakter der bionomischen Verhältnisse in den alten Sedimentationsbecken notwendig und hinreichend, um die Aussichten auf Erdölführung der sie ausfüllenden Sedimente positiv zu bewerten.



Wenden wir uns jedoch den Tatsachen zu, dann wird offensichtlich, daß eine Verabsolutierung des tektonischen Faktors unbegründet ist. Bekanntlich ist in hohen Breiten bis heute nicht eine einzige große Erdöllagerstätte aufgefunden worden. Bedeutet das etwa, daß die hohen Breiten arm an geeigneten tektonischen Elementen sind, die reiche Erdölgebiete kennzeichnen? Gewiß nicht. Man braucht nur an außerordentlich große Senken zu erinnern, wie die am Mackenzie River (in Nordamerika), an der Chatanga, die Westsibirische Senke, die Lena-Wiljui-Senke u. a., und es wird klar, daß große tektonische Einsenkungen in hohen Breiten eine ebenso gewöhnliche Erscheinung sind wie in niedrigen.

Wie ist aber zu erklären, daß diesmal bedeutende Erdöllagerstätten in Gegenden fehlen, die in tektonischer Hinsicht so aussichtsreich sind? Nach unserer Ansicht ist das damit zu erklären, daß die Ablagerung der diese Einsenkungen ausfüllenden mesozoischen Sedimente, die eine Anzahl von Geologen als erdölhoffig betrachten, unter borealen Verhältnissen stattgefunden hat, die eine intensive Erzeugung und anaerobe Fossilisierung des hydrobiologischen organischen Materials der Sedimentationsbecken nicht begünstigten. Vom borealen Charakter der mesozoischen Becken in den hohen Breiten zeugen die große Armut der sie ausfüllenden Sedimente an Karbonaten, die kälteliebende Fauna und Flora, das Vorkommen unverwitterter Feldspatminerale in sedimentären Komplex (in der Lena-Wiljui-Senke) und andere Tatsachen. Der Reichtum der Sedimente an organischem Detritus, der bei den Verteidigern der Ölhöflichkeit des Mesozoikums hoher Breiten als eine von mehreren Bestätigungen der Richtigkeit ihrer Folgerungen gilt, ist der terrestrischen, kälteliebenden Vegetation, hauptsächlich von Nadelhölzern, zu verdanken. Dieser Detritus diente in vielen Fällen als Material für kohlebildende Prozesse.

Die an mehreren Stellen in Senken hoher Breiten entdeckten Gasaustritte hängen höchstwahrscheinlich mit Vorgängen der Metamorphisierung mesozoischer (in der Lena-Wiljui-Senke) und im westsibirischen Tiefland auch paläozoischer Kohlen und Schiefer zusammen, möglicherweise auch mit der von Erdöl, wobei ähnlich wie im Gas- und Erdöl-

gebiet der Appalachen unter günstigen Strukturverhältnissen in den mesozoischen Speichern hier bedeutende Ansammlungen von Gas möglich sind. Während die Westsibirische und die Lena-Wiljui-Senke noch nicht durch Tiefbohrungen erkundet wurden (daher kann man die Aussichten auf Ölführung lediglich nach geologischen Beobachtungen an der Erdoberfläche beurteilen), sind viele Felder in der Chatanga- und besonders in der Mackenziesenke abgebohrt worden, jedoch ermutigende Ergebnisse hat man dabei nicht erzielt. Erdölaustritte an der Oberfläche in der Mackenziesenke, die seinerzeit als Signal für ausgedehnte Schürfarbeiten gedient haben, waren, wie sich zeigte, auf paläozoische Lager zurückzuführen. So ergaben hier die ersten, 1920 niedergebrachten Pionierbohrungen im Bezirk von Fort Norman einen für diese Gegenden beträchtlichen Erdölzufluß aus devonischen Kalken. Mit devonischen Kalken hängen wahrscheinlich auch die Erdölausflüsse zusammen, die man unlängst in diesem Gebiet am Cornwales erhalten hat.

Das wenig ergiebige, im Bezirk Katalla (im südöstlichen Alaska) ausgebaute Vorkommen mit einer jährlichen Förderung von einigen hundert Tonnen, ebenso die unbedeutenden, in der Gegend von Kap Barrow erzielten Erdölzuflüsse bringen die amerikanischen Geologen mit der Migration des Erdöls aus oberpaläozoischen Gesteinen in Zusammenhang. Mit paläozoischen (devonischen) Ablagerungen hängt auch das einzige russische, in hohen Breiten gelegene Erdölvorkommen an der Uchta zusammen.

Alles das spricht wiederum dafür, daß günstige tektonische Umstände nur dann für die Prozesse der Erdölbildung förderlich waren, wenn sich die Gebiete in klimatisch günstigen Zonen befanden, die das fruchtbare Auftreten aller Faktoren während der Entstehung und Ansammlung des Erdöls gewährleisten.

Daher hing in globalem Maßstabe eine mögliche Erdölführung von Sedimenten dieses oder jenes Alters in erster Linie von den paläoklimatischen Verhältnissen ab. Innerhalb des Bereichs günstiger (warmer) Klimazonen wurde die räumliche Lokalisierung der Erdölvorkommen durch tektonische und andere Faktoren bedingt.

### Literatur (russisch)

1. BAKIROW, A. A.: Erdölwirtschaft, Nr. 9, 1951.
2. BRUJEWITSCH, S. W.: Ber. Ak. Wiss. UdSSR, Bd. XXV, Nr. 2, 1939.
3. GUBKIN, I. M.: Die Lehre vom Erdöl. 2. Ausg. — GONTI, 1937.
4. SEMJATSCHINSKIJ, P. A.: Arb. Inst. f. Bodenf. Ak. Wiss. UdSSR, Lief. 1, 1933.
5. SENKEWITSCH, L. A.: Fauna und biologische Produktivität des Meeres, Bd. I u. II. — Herausg. „Sowj. Wissensch.“, 1947 — 1951.
6. SERNOW, S. A.: Allgemeine Hydrobiologie, 2. Aufl. — Herausgegeben v. Ak. Wiss. UdSSR, 1949.
7. KLENOWA, M. W.: Geologie des Meeres. — Utschpedgis, 1948.
8. KREMS, A. Ja.: Fragen der Bildung von Lagerstätten von Erdöl und Erdgas. — GONTI, 1954.
9. LUKASCHEW, K. I.: Elemente der genetischen Bodenkunde. — Herausg. Leningrader Staatl. Universität (LGU), 1938.
10. POLYNOW, B. B.: Die Verwitterungsrinde. — GONTI, 1934.
11. SARKISSJAN, S. G.: Die Bedeutung der paläogeographischen Forschungen für die Erdölgeologie. Sammelwerk „Zum Gedächtnis an Akademikern I. M. GUBKIN“. — Herausg. Ak. Wiss. UdSSR, 1951.
12. STRACHOW, N. M.: Abh. d. Inst. f. geol. Wissensch. (IGN), Lief. 124, 1951.
13. JASCHNOW, W. A.: Nachr. Ak. Wiss. UdSSR, Biol. Reihe, 5, 1939.
14. JASCHNOW, W. A.: Die Planktonerzeugung in den nördlichen Meeren der UdSSR. — Herausg. v. d. Moskauer Gesellschaft der Naturforscher (MOIP), 1940.

## Der gegenwärtige Stand der Geotektonik im Ausland<sup>1)</sup>

Von W. E. CHAIN, Moskau

In diesem Aufsatz soll die Entwicklung in der Geotektonik des Auslandes in den letzten 10–15 Jahren, einschließlich des zweiten Weltkrieges und der Nachkriegszeit, behandelt werden. Die geologischen Wissenschaften haben sich in dieser Zeit in der ganzen Welt äußerst intensiv entwickelt. Es ist dies eine unmittelbare Folge des stürmischen Anwachsens der Industrieproduktion, insbesondere der Erdölgewinnung.

Die Rolle der Erdölgewinnung wurde nicht zufällig hervorgehoben, da die im Zusammenhang mit der Erkundung von Erdöllagerstätten durchgeführten Geländeuntersuchungen in wenig erforschten Gebieten, die Tiefbohrungen und die geophysikalischen Untersuchungen besonders stark zur Erweiterung unserer Kenntnisse

vom tektonischen Gefüge der Kontinente und von der Tiefenstruktur der Tafeln, sowie der Außen- und Innen-senken geosynklinaler Gebiete beitragen.

Wir beginnen unsere kurze Übersicht mit einer Analyse des Standes der geotektonischen Forschung in den wichtigsten ausländischen Staaten.

### Der Stand der Geotektonik in den einzelnen Staaten des Auslandes

Trotz der schweren Folgen des zweiten Weltkrieges muß Deutschland, wenn auch nicht nach dem Umfang, so doch nach dem wissenschaftlichen Niveau seiner tektonischen Forschungen, wie bisher an die erste Stelle unter den ausländischen Staaten gestellt werden. Zu

<sup>1)</sup> Aus „Sowjetische Geologie“ (russisch), Bd. 48, 1955.



erklären ist dies damit, daß die führenden deutschen Tektoniker, wie H. STILLE, H. CLOOS, S. v. BUBNOFF, E. KRAUS in ihren theoretischen Zusammenfassungen alles ihnen zugängliche Material über die Geologie der Welt heranziehen und die grundlegenden Fragen der theoretischen Geotektonik berühren. Die Arbeiten der genannten Gelehrten sind weit über die Grenzen Deutschlands hinaus bekannt und üben nicht nur in seinen Nachbarländern einen bedeutenden Einfluß auf die Entwicklung der Tektonik aus, sondern auch in entfernteren Ländern, wie den USA, Japan, China, Indien u. a.

Der hervorragendste Tektoniker aus dieser Plejade großer Gelehrter ist unbestritten HANS STILLE, der ungeachtet seines hohen Alters mit außergewöhnlicher Produktivität tätig ist. Wenn STILLE auch in einigen Fragen an für uns unannehmbaren Positionen festhält, so muß doch anerkannt werden, daß seine Arbeiten reich an sehr wichtigen Schlußfolgerungen sind und daß viele dieser Schlußfolgerungen ernsthafte Betrachtung verdienen.

In geringerem Maße äußerte sich in der letzten Zeit die andere Koryphäe der deutschen Tektonik — HANS CLOOS, der 1951 verstorben ist.

S. v. BUBNOFF setzt seine Tätigkeit erfolgreich in der Deutschen Demokratischen Republik fort. Es muß besonders betont werden, daß S. v. BUBNOFF in den Nachkriegsjahren bedeutende Arbeit zur Vermittlung der neuesten tektonischen Forschungsergebnisse sowjetischer Geologen geleistet hat.

Mehrere äußerst wichtige und grundlegende Arbeiten wurden in den letzten Jahren auch von dem Münchener Professor ERNST KRAUS veröffentlicht. Seine Arbeiten wurden vom Verlag der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin in der DDR herausgegeben.

Zugleich mit den genannten Gelehrten, deren Namen der gesamten geologischen Welt schon lange bekannt sind, werden in beiden Teilen Deutschlands auch Arbeiten jüngerer Tektoniker veröffentlicht, die in vielen Fällen ebenfalls von bedeutendem Interesse sind.

In Frankreich, einem Land, das seinerzeit so viel für die Entwicklung der Tektonik getan hat, sind bisher unbekannte Gelehrte an die Stelle oder an die Seite prominenter Tektoniker, wie CHARLES JACOB, LEON BERTRAND u. a. getreten, welche die Entwicklung der französischen Tektonik in erster Linie auf eine Analyse der Faltenstrukturen und die Mechanik der Faltung gelenkt haben.

Viel Aufmerksamkeit widmet einer der größten französischen Geologen der Gegenwart, Akademiemitglied MAURICE GIGNOUX, den tektonischen Problemen. Seine „Géologie stratigraphique“ ist dem sowjetischen Leser (in russ. Übersetzung) bekannt. Ein anderer bedeutender Forscher auf dem Gebiet der Tektonik ist JEAN GOGUEL. Von großem Interesse sind die Arbeiten LOUIS GLANGEAUX, die sich auf die Ergebnisse jahrelanger Forschungen eines von ihm geleiteten Kollektivs in Algier und Tunis und auf eigene Untersuchungen im französischen Jura stützen.

England bleibt nach Ausmaß und Niveau der tektonischen Forschungen in letzter Zeit hinter Deutschland und Frankreich etwas zurück, wenn auch die englischen Geologen eine Reihe interessanter tektonischer Arbeiten

veröffentlicht haben. Von den im hier betrachteten Zeitraum erschienenen Arbeiten haben die Aufsätze des unlängst verstorbenen GEORGE MARTIN LEES — eines Geologen mit großer Geländeerfahrung — die größte Bedeutung. Einer der ältesten und bedeutendsten englischen Geologen — ARTHUR HOLMES — hat in den letzten Jahren die präkambrischen Strukturen des afrikanischen Festlandes untersucht, und er brachte diese schwierigen Probleme der Lösung näher. Ein anderer bedeutender englischer Geologe, EDWARD BAILEY, berührt in seinen neuesten Veröffentlichungen spezielle Fragen der Decktektonik im Mittelmeerraum und in Vorderasien.

Einen bedeutenden Platz in der tektonischen Weltliteratur nehmen die Arbeiten der Vertreter eines so kleinen europäischen Landes wie Holland ein. Das ist damit zu erklären, daß die holländischen Geologen bisher fast allein ein reiches, ausnahmslos interessantes und wertvolles geologisches Material zur Verfügung hatten, das ihnen Indonesien lieferte. Namentlich auf diesem Material baute die holländische tektonische Schule auf. Ein Tektoniker von Weltbedeutung ist R. W. van BEMMEL. Er veröffentlichte das dreibändige Werk „The Geology of Indonesia“ und setzt die Entwicklung und Vervollkommen seiner Undationshypothese — einer der aussichtsreichsten unter den neuzeitlichen geotektonischen Hypothesen — erfolgreich fort.

Weitgehend bekannt wurden auch die Arbeiten des 1954 verstorbenen J. UMBGROVE. In ihnen werden die theoretischen Hauptfragen der Tektonik behandelt, besonders aber die Periodizität der tektonischen Bewegungen. Große Bedeutung für die Tektonik haben die Arbeiten eines der z. Z. hervorragendsten Geophysiker — F. VENING-MEINESZ.

In Belgien arbeitet einer der ältesten Geologen, der angesehene Tektoniker — P. FOURMARIER — erfolgreich weiter. Wie in der Vergangenheit gilt sein besonderes Interesse auch jetzt dem Problem der Transversalschieferung. Außerdem stammt von FOURMARIER das beste in der ausländischen Literatur veröffentlichte Handbuch der allgemeinen Geologie, in der eine vollständige Übersicht der geotektonischen Hypothesen enthalten ist.

In der Schweiz, dem klassischen Land der tektonischen Forschung, wird auch weiterhin der Tektonik, insbesondere den Faltenüberschiebungsstrukturen, große Aufmerksamkeit gewidmet.

Eine Belebung der tektonischen Forschungen ist in Italien festzustellen. Besonders interessant sind hier die Arbeiten über den Apennin von G. MERLA, C. MIGLIORINI u. a., in denen die traditionelle Behandlung des Deckenbaus des Apennin entschlossen revidiert wird.

In Österreich haben die Arbeiten aus der Schule des Innsbrucker Professors BRUNO SANDER, eines bekannten Fachmannes der Gefügekunde, die größte Bedeutung. Seine Spezialarbeiten sind jedoch nicht von allgemeinem Interesse und wir werden uns mit ihnen in unserer Übersicht nicht weiter befassen.

Mit großer Aktivität setzt einer der ältesten Tektoniker — LEOPOLD KOBER — seine Tätigkeit fort. Während des Krieges wurde von ihm die umfangreiche „Tektonische Geologie“ (1942), und unlängst — eine neue Ausgabe von „Bau und Entstehung der Alpen“ (1955) herausgegeben.



Außerhalb Europas werden die umfangreichsten tektonischen Forschungen natürlich in den USA durchgeführt. Hier ist in den letzten Jahren ebenfalls eine Reihe neuer Namen in Erscheinung getreten, unter welchen in erster Linie der Verfasser der in russischer Übersetzung erschienenen „Strukturgeologie Nordamerikas“, ARMAND EARDLEY, zu nennen ist. Wesentliche Bedeutung haben auch die Arbeiten von GEORGE MARSHALL KAY, besonders seine Arbeit „Die nordamerikanischen Geosynklinalen“<sup>2)</sup>, die ebenfalls bereits ins Russische übersetzt wurde. Von den Arbeiten mit regionalem Charakter, jedoch von größerer Bedeutung, ist die Zusammenfassung von PHILIPP B. KING „Die Tektonik des zentralen Teils von Nordamerika“<sup>3)</sup> von großem Interesse. Fragen der Strukturanalyse werden in den USA von ERNST CLOOS und seinen Mitarbeitern untersucht. Außergewöhnlich große Bedeutung für die Tektonik hat die in breitem Ausmaß durchgeführte geophysikalische Erforschung der Tiefseeböden.

Allgemein gesehen tragen die Forschungen der amerikanischen Tektoniker einen ziemlich vielseitigen Charakter, wenn auch in ihnen bisher den theoretischen Fragen nur wenig Raum gegeben wurde und die Hauptaufmerksamkeit sich auf die regionale Tektonik konzentrierte, in deren Erforschung bedeutende Erfolge erzielt wurden.

An die tektonischen Arbeiten der USA schließen sich die Arbeiten der kanadischen Geologen an. In einigen von ihnen, (z. B. in den Aufsätzen J.T. WILSONS), werden Probleme wie die Ursachen der Tektogenese berührt. Erfolge wurden bei der tektonischen Deutung des Präkambriums des Kanadischen, sowie des Hindostanischen Schildes erzielt. Diese Arbeiten schließen an die Arbeit von HOLMES über Afrika an.

Soweit die wichtigsten Staaten des Auslandes, in denen Probleme der theoretischen Tektonik bearbeitet werden. In vielen anderen Ländern ist ein bedeutender Fortschritt in der regionalen Geotektonik zu beobachten, aber in den Arbeiten der Tektoniker dieser Länder ist der Einfluß führender westlicher Schulen deutlich zu spüren, insbesondere der deutschen (STILLE), teilweise der schweizerischen (E. ARGAND) und in letzter Zeit der amerikanischen (GRIGGS, HESS). Das tritt in den Forschungen der japanischen, der indischen (M. S. KRISHNAN) und bis in die letzte Zeit — auch der chinesischen Geologen deutlich in Erscheinung. Wie wir sehen werden, besitzen auch noch die Ideen WEGENERS Einfluß.

Die Chinesische Volksrepublik und die europäischen Volksdemokratien sind erst vor kurzer Zeit in das Lager der Demokratie und des Sozialismus gekommen. Die Herstellung enger Beziehungen zur fortschrittlichen sowjetischen Geologie konnte sich daher noch nicht genügend auswirken. In diesen Ländern wird z. Z. sehr viel dafür getan, die Geologen mit den Ergebnissen der sowjetischen Geologie und insbesondere der Geotektonik bekanntzumachen. In China und Rumänien erscheinen Übersetzungen sowjetischer geologischer Artikel, in anderen Ländern, darunter der DDR, werden die sowjetischen Arbeiten regelmäßig und ausführlich referiert. Ungeachtet dessen tragen sogar Arbeiten der allerletzten Zeit noch den Stempel westlicher Einflüsse, insbesondere der Deckentheorien, der Mobilität, des Neokatastrophismus im Sinne STILLES.

Als Beispiel kann die unlängst in den Mitteilungen der Ungarischen Akademie der Wissenschaften veröffentlichte Zusammenfassung über die Tektonik dieses Landes von einem der größten ungarischen Geologen, ELEMÉR VADÁSZ (1955), dem Verfasser der „Geologie Ungarns“, angeführt werden. Diese Zusammenfassung hat großen Wert im Hinblick auf das in ihr gebrachte neue Material, ihre Bedeutung wird jedoch geschmälert, da der Verfasser versucht, seine tektonischen Anschauungen mit dem nicht stichhaltigen Schema KOBERS der Ostalpen zu koordinieren. In ihr wurden die Arbeiten sowjetischer Gelehrter, insbesondere M. W. MURATOWS, unberücksichtigt gelassen, die Ungarn und daran angrenzende Gebiete unmittelbar betreffen. Dieselben Einflüsse haben sich leider auch auf die interessanten Theorien der angesehensten chinesischen Geologen, LI SY-HUAN und CHUAN TSI-TSIN, negativ ausgewirkt.

Bei dieser kurzen Übersicht über den Stand der tektonischen Forschung im Ausland muß noch die Herausgabe tektonischer Karten in einer Reihe von Ländern erwähnt werden. Eine solche Karte wurde bekanntlich bereits vor langer Zeit in den USA herausgegeben; eine Einschätzung dieser Karte erfolgte seinerzeit durch N. S. SCHATSKIJ (1947); dann erschienen tektonische Karten Kanadas und Venezuelas. In letzter Zeit wurde von der Vorbereitung einer tektonischen Karte Afrikas berichtet. Soweit unbekannt ist, sind im hier behandelten Zeitraum außer der Karte UMBROGROVES in seiner Arbeit „The Pulse of the Earth“ keine neuen tektonischen Weltkarten erschienen. Die Arbeit an ähnlichen Karten ließ Kollektive von Geologen und Tektonikern entstehen. In einigen Ländern findet die Zusammenarbeit der Tektoniker auch organisatorischen Ausdruck. So wurde an der Deutschen Akademie der Wissenschaften (DDR) ein besonderes Geotektonisches Institut gegründet, an dessen Spitze anfangs H. STILLE stand und welches jetzt von S. v. BUBNOFF geleitet wird.

Besondere tektonische Zeitschriften werden z. Z. nicht herausgegeben. Der Krieg unterbrach das Erscheinen der von H. STILLE und seinen Schülern herausgegebenen nichtperiodischen Zeitschrift „Geotektonische Forschungen“.

Wir wollen nun zur Untersuchung der Entwicklung einzelner wichtiger geotektonischer Probleme in der ausländischen Literatur übergehen<sup>4)</sup>.

## Die Entwicklung der Lehre von den Geosynklinalen

Nach CHAIN wurde auf dem Gebiet der Lehre von den Geosynklinalen und Tafeln in der Sowjetunion intensiv und erfolgreich, im Ausland aber nur in geringem Umfang gearbeitet.

Als mustergültig wird die Übersicht von M. F. GLÄSSNER und K. TEICHERT (1947) über das Geosynklinalproblem angesehen, obwohl der Begriff „Geosynklinal“ nicht klar definiert wurde.

Eine längere Betrachtung gilt der Arbeit von KAY, dessen Einteilung der Geosynklinalen, die in gewissem Grade STILLE folgt, angeführt wird.

Im Gegensatz zu KAY befaßt sich van BEMMELEN in seinen beiden genannten Werken besonders mit der Entwicklung der Geosynklinalen und kommt nach CHAIN

<sup>2)</sup> „Development of the Northern Alleghany Sinclorium and Adjoining Regions“ (1942).

<sup>3)</sup> „The Tectonics of Middle North America“ (1951).

<sup>4)</sup> Die nachfolgenden Kapitel mit Ausnahme der „Schlußbetrachtung“ wurden von uns referiert, um den Umfang der sehr ausführlichen Arbeit etwas zu reduzieren.  
D. R.



mit seinen Auffassungen denen von W. W. BELOUSSOW nahe.

Anschließend geht CHAIN auf die Anschauungen von E. KRAUS über die Geosynklinalen ein, wie sie in dessen beiden umfangreichen Werken „Baugeschichte der Alpen“ (1951) und „Vergleichende Baugeschichte der Gebirge“ (1951) zum Ausdruck kommen.

Die Arbeiten von KRAUS werden als bedeutend und ausgesprochen wichtig für die Alpengeologie angesehen und CHAIN hebt hervor, daß KRAUS zu seinen überzeugenden Anschauungen gelangen konnte, weil er sich von einigen Irrtümern der Deckentheorie befreite und dadurch zu einer Paläogeographie der Alpen während der mesozoischen Formationen gelangte.

CHAIN bemängelt aber, daß KRAUS zwar für Trias und Jura, aber nicht für Kreide und Tertiär paläogeographische Karten entworfen hat. Andererseits darf nicht übersehen werden, daß die in Kreide und Tertiär erfolgenden tektonischen Bewegungen eine paläogeographische Rekonstruktion für diese Zeiträume erschweren.

Es besteht eine gewisse Übereinstimmung zwischen den KRAUSschen Anschauungen über die Entwicklung des Alpenbaus und den von BELOUSSOW, GSOWSKIJ und GORJATSCHOW 1950–1951 dargelegten Ansichten („Über die Struktur der Ostalpen in Verbindung mit einigen allgemeinen tektonischen Vorstellungen“). Der wesentlichste Unterschied zwischen beiden Auffassungen besteht darin, daß nach KRAUS für das Gebiet der Hohen Tauern und des Engadin keine mesozoische Geosynklinale existierte.

CHAIN stellt dann fest, daß der Begriff der „Inversion“ in der ausländischen Literatur erst in neuester Zeit auftritt (ELLENBERGER 1952, AMSTÜTZ 1952, BUGGE 1954), obwohl auf die Schwellenneubildung in Geosynklinalen häufig eingegangen wird. (A. J. EARDLEY: „Strukturgeologie von Nordamerika“, Ph. B. KING: „The Tectonics of Middle North America“).

Über die vergleichende Baugeschichte der Gebirge von KRAUS sagt CHAIN, daß hier deutlich die Tendenz des Verfassers spürbar sei, das bei den Alpen gewonnene Schema auf die Entwicklung anderer Falteengebirge zu übertragen. Die „Verschluckungen“ in der KRAUSschen Theorie werden als ein wenig verständlicher Vorgang bezeichnet. Positiv bewertet wird die ausführliche Darstellung der Entwicklungsstadien von Geosynklinalen, die KRAUS schon 1923 begründete. Zu ähnlichen Auffassungen gelangten sowjetische Geologen. Auch in bezug auf den geosynkinalen Magmatismus bestehen ähnliche Anschauungen der beiden Seiten.

Besonders in der neueren amerikanischen Literatur tritt ein stärkeres Interesse für die Sedimentationsbedingungen in Geosynklinalen und auf Tafeln hervor.

### Betrachtung der Faltenstrukturen und ihrer Entstehung

Hierbei behandelt CHAIN besonders die Deckentheorien, die ganz allgemein einer heftigen Kritik ausgesetzt sind und vielfach vollständig abgelehnt werden. Als besonders bezeichnend für die neuen Auffassungen werden zwei Arbeiten angeführt, R. ABRARD „Géologie de la France“ (1948) und R. GRILL, F. HERITSCH und O. KÜHN „Geologie von Österreich“ (1951). In dem letztgenannten Buch wird eine Analogie zwischen Penninikum der Westalpen und dem Gebiet der Hohen Tauern und des

Engadins abgelehnt und ein Deckenbau nur für die Flyschzone angenommen. Neuerdings werden die Deckenvorstellungen auch von Schweizer Geologen (A. AMSTÜTZ 1952, W. NABHOLZ 1954) mehr oder minder stark revidiert.

In Italien deuten G. MERLA (1952) und C. MIGLIORINI (1952) die Apenninen als ein Antiklinorium mit fächerartigem Schuppenbau.

Neben dieser Einschränkung des Deckenbaus in verschiedenen Gebieten (z. B. auch Algier, Marokko, Zentralplateau in Frankreich) konnte stellenweise durch Bohrungen aber auch ein Deckenbau nachgewiesen werden, so in Marokko und in den Polnischen Karpaten südlich Krakau (A. TOKARSKI 1954).

CHAIN geht dann kurz auf die Entstehung von Decken ein. Er stellt fest, daß die Vorstellung, die Decken hätten sich aus liegenden Falten entwickelt, jetzt mehr und mehr verdrängt wird von der Vorstellung, die Decken seien große, flachliegende, unter der Mitwirkung der Gravitation entstandene Schuppen. Ebenso wird die alpinotype Faltung als „Gravitationstektonik“ bezeichnet. Am Schluß des Kapitels weist dann CHAIN auf Zusammenhänge zwischen Störungen im Unterbau und der Tektonik der Sedimentdecke hin, wie sie von L. GLANGEAUD (1949) und D. AUBERT (1948) für den Schweizer Jura beschrieben wurden. Erwähnt wird die Arbeit R. PERRINS (1934) über die Metamorphose als Ursache der Faltung.

Bei der Frage der Faltungsphasen befaßt sich CHAIN kurz mit den STILLESchen Auffassungen und bemerkt, daß diese schon auf dem XVIII. Internationalen Geologenkongreß in Moskau von sowjetischen Geologen kritisiert wurden. Dann weist er besonders auf die Kritik anderer Forscher (J. GILLULY, K. KREJCÍ-GRAF) und die Diskussion mit STILLE hin, wie sie in Band 38, Heft 2 der „Geologischen Rundschau“ (1950) zum Ausdruck kommt. Aus dieser Diskussion wird vor allem der abschließende und abwägende Artikel E. WEGEMANNs hervorgehoben.

Als weitere „Gegner“ der STILLESchen Phasenlehre werden ohne weitere Ausführungen RÜTTEN, UMBROVE, GIGNOUX, GOGUEL und EARDLEY genannt.

### Lineamente und Tiefenbrüche

Der Ausdruck „Lineament“ wurde von R. A. SONDER eingeführt, etwa den gleichen Begriff umschreiben die von H. CLOOS geprägten Bezeichnungen „Geofraktur“ und „Geosutur“.

VENING-MEINESZ nimmt an, daß ein sich kreuzendes Lineamentnetz infolge Polverlagerung in präkambrischer Zeit entstand. UMBROVE stellt fest, daß neben diesem zu den Längen- und Breitenkreisen diagonalen Netz auch noch zu den Breitenkreisen parallele Linien existieren und kennzeichnet die Lineamente ganz allgemein als Linien, die in einem frühen Stadium der Erdenentwicklung im Zusammenhang mit der Bildung der Erdrinde entstanden. Außerdem sind posthume Bewegungen für die Lineamente charakteristisch.

Nach CHAIN wurden in der ausländischen Literatur in letzter Zeit besonders große Brüche behandelt, die Inselbögen begleiten und gegen die Ozeanbecken begrenzen. Mit diesen Tiefenbrüchen stehen Erdbeben mit tiefem Hypozentrum und hyperbasitische Intrusionen im Zusammenhang (EHARA 1953, 1954; HESS 1946, 1952).



### Das Problem der Ozeane

Das Untersuchungsmaterial über den Bau und die Morphologie der Tiefseeböden ist in der letzten Zeit sehr angewachsen. CHAIN nennt besonders vier Punkte, die in bezug auf das Relief der Tiefseeböden wichtig sind.

1. Die Schelfzonen und Festlandsflanken werden häufig von bis 5500 m tiefen Unterwassertälern bzw. Cañons durchschnitten. CHAIN hält für die Erklärung der Unterwassertäler die „kombinierte“ Hypothese F. SHEPARDs (1952) am geeignetsten, die als Ursachen sowohl überflutete Flußnetze, als auch Brüche berücksichtigt. Der von PH. KUENEN (1953) ausgesprochenen Vermutung, Schlammströme spielten bei der Cañonbildung eine wichtige Rolle, pflichtet CHAIN nicht bei.

2. Aus den ozeanischen Bereichen sind Steilstufen bekannt, die Flächen verschiedener Tiefenlage voneinander trennen, z. B. im Pazifik zwischen den Hawai-Inseln und der kalifornischen Küste. Nach CHAIN sind die Steilstufen mit Brüchen oder Flexuren identisch und offenbar stehen mit ihnen Vulkaninselnketten bzw. Unterwasservulkane im Zusammenhang.

3. Große Teile der Tiefseebecken zeigen nur ein flaches Relief, während die zentralen Wälle, wie z. B. die Mittelatlantische Schwelle, stark zerfurcht sind.

Im Hinblick auf das flache Relief muß nach CHAIN die bisherige Ansicht überprüft werden, daß in Tiefen unterhalb 200 m die Sedimentation gering sei. Besonders Schlammströme sollen am Kontinentalabfall sedimentverlagernd wirken.

Das zerfurchte Relief der zentralen Schwellen wird als Reliefrelikt angesehen, das noch die Faltungsstruktur erkennen lassen soll. CHAIN stellt fest, daß die zentralen Schwellen offenbar für den Bau der Ozeanbecken charakteristisch sind. Die Natur dieser Schwellen ist aber noch eins der ungeklärten Probleme der Geologie. Von verschiedenen Forschern werden die zentralen Schwellen als Fortsetzungen junger Faltungszonen angesehen (BELOUSSOW).

4. Wichtig ist nach CHAIN der Unterschied in Mächtigkeit und Bau der Erdrinde unter den Ozeanen und in den Kontinenten. Diese Erkenntnisse gehen hauptsächlich auf geophysikalische Untersuchungen zurück. M. EWING fand, daß im Atlantik (Bermuda-Inseln) die Granitschicht praktisch auskeilt und die Basaltschicht ausdünnert. Auch im zentralen Teil des Karibischen Meeres fehlt die Granitschicht.

All diese Feststellungen werfen die Frage nach der Entstehung der Ozeane auf. STILLE nimmt in seiner Arbeit „Ur- und Neuozeane“ (1948) für den Pazifik und Teile anderer Ozeane ein sehr hohes Alter an, während Atlantik, Indik und Arktik relativ geringen Alters sind. Ähnliche Ansichten vertritt MASAROWITSCH (1951). BELOUSSOW hält offenbar alle Ozeane für relativ jung. CHAIN dagegen glaubt, daß die zentralen Teile der Ozeane ebenso wie die der Kontinente in präkambrischer Zeit gebildet wurden.

### Die Neotektonik (rezente Tektonik)

Seit etwa zwei Jahrzehnten werden jüngste und rezente tektonische Bewegungen in größerem Maße untersucht. Besonders in der Sowjetunion wurde in dieser Hinsicht viel und erfolgreich gearbeitet und für diese Erscheinungen der von W. A. OBRUTSCHEW geprägte Begriff „Neotektonik“ eingeführt.

Die Forschung des Auslandes auf diesem Gebiet fand u. a. in zwei Tagungen ihren Ausdruck, die der Neotektonik gewidmet waren (1953 in Holland, 1954 eine Tagung in Mainz). Die Tagungsberichte sind in Nr. 1/1955 der „Geologischen Rundschau“ erschienen.

Abschließend weist CHAIN auf die „Notizen zur Aktualgeologie“ in den Monatsheften des „Neuen Jahrbuchs für Geologie und Paläontologie“ hin, die von F. LOTZE verfaßt werden.

### Allgemeine Gesetzmäßigkeiten in der Entwicklung der Erdrinde

Die Arbeit STILLES „Das Leitmotiv der geotektonischen Erdentwicklung“ (1949) wird als die wohl einzige bezeichnet, die diesen Fragen unter allgemeinen Gesichtspunkten nachgeht. Der Grundgedanke der STILLEsehen Auffassungen ist folgender: die Entwicklung der Erdrinde führt zu einer Konsolidation, die dann durch einen sog. Umbruch beseitigt wird, wonach die gerichtete Entwicklung erneut einsetzt. Damit verbunden ist die Phasenhaftigkeit der tektonischen Bewegungen, die ja auch besonders von STILLE vertreten wird.

Dazu schreibt CHAIN: „Befreien wir jedoch die vorliegende Konzeption von dem ihr zweifellos anhaftenden Katastrophengeist, so stellen wir fest, daß die Ansichten STILLES eine bestimmte Ähnlichkeit mit den Vorstellungen haben, die in den letzten 10–15 Jahren von einigen sowjetischen Forschern zum Ausdruck gebracht wurden. Der Verfasser denkt dabei an die Arbeiten S. S. KUSNEZOWs (1940), sowie an die von A. W. PEHWE und W. M. SINIZYN (1950)“.

CHAIN kritisiert dann, daß STILLE zwar die ähnliche Entwicklungssituation am Ende des Proterozoikums und der Gegenwart hervorhebt, aber die Unterschiede zwischen beiden Zeiten nicht behandelt.

Danach geht CHAIN kurz auf einige Arbeiten v. BUBNOFFs ein, die sich mit der Periodizität der tektonischen Bewegungen und den geologischen Zyklen befassen. CHAIN bezweifelt eine Verkürzung der Zyklendauer bzw. eine Tempobeschleunigung der tektonischen Bewegungen vom Kambrium zur Gegenwart.

### Geotektonische Hypothesen

Außerhalb der UdSSR wurde in dem behandelten Zeitraum eifrig an geotektonischen Hypothesen gearbeitet.

Zur Kontinentalverschiebungstheorie WEGENERs bemerkt CHAIN, daß diese in Westeuropa und den USA an Bedeutung verloren hat. Dagegen tritt in Südamerika, Südafrika, Indien, Australien und Japan der Einfluß WEGENERs noch deutlich in Erscheinung. Gerade in den Arbeiten von T. KOBAYASHI (Japan) und des indischen Geologen M. S. KRISHNAN („Die Geologie Indiens und Birmas“) ist dies festzustellen. Ähnliche Ansichten vertreten DU TOIT, KING, LAMEGO und BEURLEN.

Für die Kontraktionstheorie macht sich in der Fachwelt nach einer Krise wieder ein stärkeres Interesse bemerkbar. So sprachen sich 1952 der Präsident der Geologischen Gesellschaft Amerikas, LANDES, und der Präsident der Londoner Geologischen Gesellschaft, LEES, in ihren Reden für die Kontraktionstheorie aus. Im gleichen Sinne äußerten sich UMBROVE (1952), FOURMARIER (1950) und EARDLEY (1954). In Kombination mit Konvektionsströmungen vertreten auch VENING-MEINESZ



(1948, 1950) und HALES (1953) diese Theorie. CHAIN weist darauf hin, daß die Kontraktionstheorie ihre Renaissance in stark veränderter Form erlebt: die Abkühlung der Erde ist nicht mehr die einzige, nicht einmal die wichtigste Ursache ihrer Kontraktion. Sie kann durch Phasenumwandlungen des stofflichen Bestands unter Volumenverringern erfolgen usw.

Als eine der gegenwärtig „modischen“ Varianten der Kontraktionstheorien gilt die von VENING-MEINESZ entwickelte Hypothese des Tektogens oder des down-buckling. Nach E. N. LUSTICH ist diese Hypothese in ihren Grundlagen irrig, da sie keine richtige Erklärung für die Schwereanomalien der Inselbögen liefert.

\* In der von EARDLEY entwickelten Variante bildet die ungleichmäßige Erwärmung der Zwischenhülle durch radioaktive Substanzen einen wesentlichen Faktor.

Von den der Kontraktionstheorie ablehnend gegenüberstehenden Hypothesen werden die Ansichten von van BEMMELEN und KRAUS behandelt. Ausgangspunkt bildet hierbei die Tiefendifferentiation der stofflichen Substanz der Erde. Nach van BEMMELEN erfolgt diese Differentiation am aktivsten unter Einsenkungen der Erdrinde, da sie durch eine stärkere Abkühlung begünstigt wird. Sie führt zur Trennung des simatischen (ultrabasaltischen) Materials in granitische und basaltische Magmen. Nach weiterer Darlegung des Schemas von van BEMMELEN kommt CHAIN zu dem Schluß, daß es eine der besten modernen geotektonischen Hypothesen ist. Auf weitere Autoren gehen wir an dieser Stelle nicht ein:

### Allgemeine Handbücher und Sammelarbeiten

Trotz eines Überflusses an Spezialarbeiten fehlen in der ausländischen geotektonischen Literatur fast ganz allgemeine Handbücher der Geotektonik.

Hervorgehoben wird von CHAIN das Buch „Traité de tectonique“ von J. GOGUEL (1952), obwohl darin die verschiedenen tektonischen Erscheinungen nicht mit gleicher Ausführlichkeit behandelt werden und die allgemeine Entwicklung der Erde überhaupt nicht erörtert wird.

L. KOBERs Buch „Tektonische Geologie“ (1942) wird als äußerst subjektiv bezeichnet, da KOBER von der extremen Deckentheorie und der Kontraktionslehre ausgeht.

Weiterhin wird J. UMBGROVES „The Pulse of the Earth“ (1947) genannt, das sich besonders mit den großen Bauelementen der Erdkruste verhältnismäßig subjektiv befaßt.

CHAIN erwähnt die populärwissenschaftlichen Schriften „Mountain building“ (1954) von van BEMMELEN und „Der Ursprung der Gebirge“ (1949) von ROUBAULT. Weiterhin werden noch die Werke „Vergleichende Baugeschichte der Gebirge“ (1951) von KRAUS und die spezielleren Werke „Gefügekunde der Gesteine“ von SANDER und „Lineation“ von E. CLOOS erwähnt.

### Schlußbetrachtung<sup>5)</sup>

Am Schluß unseres Überblicks wollen wir versuchen, den Entwicklungsstand der Geotektonik im Ausland und in unserem Land zu vergleichen.

Man kann feststellen, daß die sowjetischen Tektoniker den ausländischen in erster Linie in der Erforschung der Geosynklinalen, der Gesetzmäßigkeiten ihrer Entwicklung und der historischen Typen voraus sind. Dies gilt noch mehr für die Lehre von den Tafeln und ihrer Entwicklung. Dem Bau und der Geschichte der Tafeln wird in der ausländischen Literatur nur wenig Beachtung geschenkt und über den Ursprung der großen Tafelstrukturen schrieb A. J. EARDLEY (1954) unlängst, daß er vollkommen rätselhaft erscheint. Das wichtigste Problem der allgemeinen Richtung der Entwicklung der Erdkruste wird bei uns bedeutend verschiedenartiger, tiefer und von der philosophischen Seite aus richtiger, als im Ausland, bearbeitet.

Die theoretischen Grundlagen der historisch-tektonischen Analyse (Analyse der Fazies, Mächtigkeiten, Diskordanzen) werden bei uns vollständiger behandelt. Wir haben zuerst die volumetrischen Methoden angewandt und die Bestimmung der wirklichen Absenkung des Beckenbodens durchgeführt. Die erste Methode ist jetzt auch in den USA angewandt worden (Bull. Geol. Soc. of America, Nr. 12, 1952). In Frankreich beschäftigt sich z. Z. M. DREYFUSS (1953) mit der letztgenannten Methode.

Wir haben unsere ausländischen Kollegen auch in der Kritik an der Hypothese der „borderlands“, der Konzeption von den Faltenbildungsphasen, der Deckentheorie, der Einführung des Begriffs der Inversion in der Entwicklung der Geosynklinalen und in der Erforschung der Struktur-Disharmonie überholt. Probleme wie ein genetisches System der Falten und die Mechanik der Faltenbildung werden im Ausland fast gar nicht bearbeitet, wenn man von der Sonderfrage der Gravitationstektonik absieht. Bei uns ist auch wesentlich mehr zur Entwicklung der Formationslehre und für die Erforschung der jüngsten tektonischen Bewegungen getan worden.

Ungefähr auf gleichem Stand befinden sich z. Z. in der UdSSR und im Auslande die Bearbeitung des Problems der Zusammenhänge zwischen Magmatismus und Tektonik, Tektonik und Sedimentation (in letzter Hinsicht sind wir immerhin etwas voraus).

Andererseits sind wir auf einigen wichtigen Teilgebieten der Geotektonik zurückgeblieben. Dies betrifft die Tektonik der Ozeane, die Zusammenhänge zwischen Geophysik (Gravimetrie, Magnetometrie) und Geotektonik, die experimentelle Tektonik, insbesondere das Verhalten der Gesteine unter hohen Drücken. In einem breiteren Ausmaße erfolgt im Ausland auch die Ausarbeitung geotektonischer Hypothesen.

Der Widerhall der sowjetischen Arbeiten ist in der Literatur des Auslandes, abgesehen von den Volksdemokratien, gegenwärtig gering. Das ist in erster Linie für die ausländischen Geologen selbst ein Nachteil, da der hohe Entwicklungsstand der Geotektonik in der UdSSR ihnen manche von unseren Forschern bereits geleistete Arbeit ersparen könnte. Allerdings erscheinen zur Zeit recht regelmäßig Referate über die sowjetischen Arbeiten in Referatenorganen, wie dem deutschen „Geologischen Zentralblatt“ (bis 1942) und dem „Zentralblatt für Geologie und Paläontologie“, dem französischen Autorenverzeichnis „Bulletin analytique du C. N. R. S.“ zur „Bibliographie des sciences géologiques“ und dem amerikanischen „Bibliography and Index of Geology exclusive of North America.“

<sup>5)</sup> Wir bringen wieder die Übersetzung des Originals. D.R.



Die sowjetischen Geologen müssen ihre Teilnahme besonders an den Arbeiten der Internationalen Geologischen Kongresse verstärken und ihre Aufsätze öfter in ausländischen Zeitschriften veröffentlichen. Es darf nicht übersehen werden, daß bei einigen unserer Arbeiten der letzten Zeit (z. B. in dem Buch von J. A. KOSSYGIN „Die Grundlagen der Tektonik in den erdölführenden Gebieten“) die ausländische Literatur ungenügend oder überhaupt nicht herangezogen wurde. Ein regelmäßiger Austausch wissenschaftlicher Informationen wird zweifellos eine erfolgreichere geotektonische Forschung in allen Ländern ermöglichen und zu einer schnelleren Entwicklung der Geotektonik beitragen.

### Literatur (russisch)

(stark gekürzt)

1. BELOUSSOW, W. W.: Grundfragen der Geotektonik. — Staatsverlag für geologisch-technische Literatur, 1954.
2. BELOUSSOW, W. W.: Über den geologischen Aufbau und die Entwicklung der Ozeanbecken. — Nachr. Akad. Wiss. UdSSR, Geol. Reihe, Nr. 3, 1955.
3. BELOUSSOW, W. W., M. W. GSOWSKIJ, A. W. GORJAT-SCHOW: Über die Struktur der Ostalpen in Verbindung mit einigen allgemeinen tektonischen Vorstellungen. — Bull. d. Moskauer Ges. d. Naturf., Abt. Geol., Nr. 1, 1950 u. Nr. 2, 1951.
4. BOURCART, J.: Das Relief der Meere und Ozeane. — Verl. f. ausländ. Lit., 1953.
5. WASSOJEWITSCH, N. B.: Über große tektonische Decken im östlichen Transkaukasien. — Nachr. Min. Ges. UdSSR, Heft 2-3, 1940.

6. EARDLEY, A. J.: Strukturgeologie Nordamerikas. — Verl. f. ausländ. Lit., 1954.
7. KORNEJEWA, W. G.: Einige Bemerkungen über den geologischen Aufbau der Ostkarpaten. — Geol. Sammelband des Wissenschaft. Forsch.-Inst. d. UdSSR f. geol. Untersuchungen, 2, 1953.
8. KRISHNAN, M. S.: Die Geologie Indiens und Birmas. — Verl. f. ausländ. Lit., 1954.
9. KUSNEZOW, S. S.: Über die mögliche Evolutionsrichtung der Erdkruste. — Wiss. Abh. d. Leningrader Staatl. Univ., Bd. 49, 1940.
10. KAY, J. M.: Die nordamerikanischen Geosynklinalen. — Verl. f. ausländ. Lit., 1955.
11. LUSTICH, E. N.: Die Schwerenomalie und Tiefentektonik Indonesiens und anderer Inselbögen. Sammlung „Fragen des inneren Baus und der Entwicklung der Erde“. — Verl. Akad. Wiss. UdSSR, 1955.
12. MASAROWITSCH, A. N.: Regionale Geologie der Kontinente. — Herausgegeben v. d. Moskauer Staatl. Univ., 1951.
13. OBRUTSCHEW, W. A.: Die Grundzüge der Kinetik und Plastik in der Neotektonik. — Nachr. Akad. Wiss. UdSSR, Geol. Reihe, Nr. 5, 1948.
14. PEHWE, A. W. & SINIZYN, W. M.: Einige Grundfragen der Lehre von den Geosynklinalen. — Nachr. Akad. Wiss. UdSSR, Geol. Reihe, Nr. 4, 1950.
15. UMBGROVE, J., KUENEN, Ph. H., HESS, H. H.: Die Inselbögen (Sammelwerk). — Verl. f. ausländ. Lit., 1952.
16. CHAIN, W. E.: Einige allgemeine Gesetzmäßigkeiten in der Entwicklung der Tafeln. — Ber. Akad. Wiss. UdSSR, Bd. 81, Nr. 2, 1951.
17. SCHATSKIJ, N. S.: Über die neue tektonische Karte der USA. — Nachr. Akad. Wiss. UdSSR, Geol. Reihe, Nr. 6, 1947.
18. SCHATSKIJ, N. S.: Von den die Tafeln und Faltungsgebiete (Wolgaland und Kaukasus) umfassenden Tiefendislokationen. — Nachr. Akad. Wiss. UdSSR, Geol. Reihe, Nr. 5, 1948.

## Schwefelgewinnung an der amerikanischen Goliküste

Dem in Nr. 9/1956 der niederländischen Zeitschrift „Geologie en Mijnbouw“ abgedruckten Artikel von H. BOISSEVAIN „Die Schwefelproduktion an der amerikanischen Golfküste und ihre Beziehung zur Ölindustrie“ entnehmen wir die nachfolgenden Einzelheiten über die bedeutenden Schwefelvorkommen von Texas und Louisiana (USA): Die Welt-Schwefelproduktion beträgt nach der amerikanischen Statistik etwa 7–8 Mio jato. Davon entfielen 1954 6,6 Mio t auf die USA, während der Rest in Sizilien, Japan, Chile, Frankreich, Mexiko und Spanien erzeugt wurde.

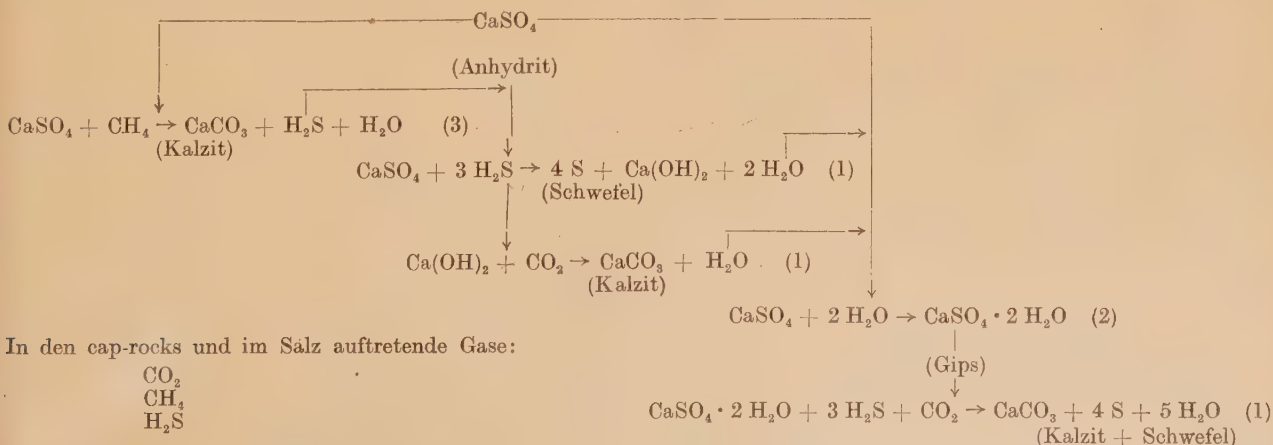
Der Hauptanteil der amerikanischen Produktion (5,5 Mio t oder 83%) wird als gediegener Schwefel in Texas und Louisiana an der Küste des Golfes von Mexiko gewonnen.

Von den an der Golfküste gelegenen Salzdomen eignen sich nur diejenigen für eine wirtschaftliche Schwefelaus-

beute, in denen das Salz in weniger als etwa 1000 m Tiefe liegt und deren Gips-Anhydrit-Hut („cap-rock“) mächtiger als 100 m ist. Von 135 im Jahre 1951 untersuchten Salzdomen erfüllen 85 die oben erwähnten Bedingungen. Zur Zeit werden die Schwefelvorkommen von 13 Salzdomen abgebaut, während die Lager von 9 Salzdomen bereits ausgebeutet sind.

Die Schwefellager der Salzdomen wurden zufällig bei der Suche nach Erdöl entdeckt.

Die in die darüberlagernden Deckschichten aufgedrungenen Salzstöcke entsprechen ihrem Alter nach vielleicht den permischen oder jurassischen Schichtenfolgen. Sie bestehen zu 80 bis 97% aus kristallinem Salz. Die unlöslichen Rückstände setzen sich in der Hauptsache aus Anhydrit ( $\text{CaSO}_4$ ), die gasförmigen Verbindungen aus Schwefelwasserstoff ( $\text{H}_2\text{S}$ ), Methan ( $\text{CH}_4$ ) und Kohlendioxyd ( $\text{CO}_2$ ) zusammen.



(1) nach BROWN (1935)

(2) nach RODGERS (1937)

(3) nach WOLF (1925)



Die sogenannten cap-rocks bestehen in der Hauptsache aus Anhydrit, Gips und Kalzit. Von 77 im Jahre 1951 erbohrten Salzstöcken besitzen 50 einen cap-rock; bei 36 Salzstöcken ist er mächtiger als 200 ft. Die cap-rocks setzen sich aus einer liegenden Anhydritzone, einer darüberlagernden Übergangszone und einer hangenden Kalkzone zusammen.

Die Anhydritzone, die durch Auslaugung der obersten Zone des Salzstocks entstand und das erste Stadium in der Entwicklung des cap-rocks darstellt, ist gewöhnlich gebändert. Es liegen wechselnde Lagen von hellem und dunklem Anhydrit übereinander. Die Kalzitzone besteht aus Kalzitkristallen in Pseudomorphose nach Anhydrit. Diese „Kalzitifizierung“ bildet das zweite Stadium in der Entwicklung des cap-rock. In der Zwischenzone finden sich Gips und Kalzit mit wechselnden Mengen von Anhydrit, Schwefel und Bauxit; Kalzit, Schwefel und Gips können den Anhydrit direkt ersetzen, und große Mengen von Schwefel ersetzen den Gips.

Das Vorhandensein von Schwefelablagerungen ist abhängig von einer gut entwickelten, kavernenartigen Zwischenzone, sowie einer undurchlässigen Kalzitzone und einem wirksamen seitlichen Abschluß, der das Entweichen des Schwefels verhindert.

Über die Bildung des Schwefels gehen die Aussichten auseinander. Außer an der Golfküste kommt auch in den

sedimentären Lagerstätten Siziliens und der UdSSR der Schwefel in Verbindung mit Anhydrit, Gips und Kalzit vor. Wahrscheinlich ist der Schwefel durch Reduktion der Kalziumsulfate unter Bildung von Schwefelwasserstoff, der wieder in Wasser und Schwefel oxydiert wird, und Kalzit entstanden. Bei Gegenwart von Kohlendioxyd, Methan und Schwefelwasserstoff können die in der Übersicht dargestellten Reaktionen ablaufen.

Viele Autoren neigen zu der Annahme, daß diese oder ähnliche Prozesse nur unter Mitwirkung von Bakterien ablaufen. In Seen und Tümpeln werden Sulfate durch Bakterien zu Schwefelwasserstoff reduziert, welcher seinerseits wieder zu Schwefel und Wasser oxydiert wird.

Kürzlich veröffentlichten THODE, WANLESS & WALLOUCH (1954) Isotopenuntersuchungen von Kernbohrungen in Texas und Louisiana und verglichen sie mit Proben aus den nordafrikanischen Schwefelseen. Sie kamen dabei zu dem Ergebnis, daß die Schwefelvorkommen der Golfküste durch lebende Organismen gebildet sein müssen.

Für die Theorie der biochemischen Entstehung des sedimentären Schwefels spricht auch das Gachs-i-Turush-Vorkommen in Persien, wo in pulverigem Gips, der freien Schwefel und freie Schwefelsäure enthält, sulfatisierende, schwefeloxydierende und Methanbakterien auftreten.

## Das Bergbauggebiet Katanga (Belgisch-Kongo)

Nahe der Wasserscheide von Kongo und Sambesi liegt der durch seinen Kupferreichtum bekannte Bezirk Ober-Katanga, das Zentrum des Erzbergbaus in Belgisch-Kongo. Das Hochland besteht aus den Resten eines alten Faltengebirges, den Katangiden, die etwa gleichaltrig mit den Kaledoniden Schottlands und Norwegens sein dürften. In ihm verläuft die Kupfererzzone, auf der bisher der Bergbau in etwa 150 Kupfererzgruben umging, von NW nach SO. Ihre Länge beträgt etwa 320 km, ihre Breite 50–60 km und die Gesamtfläche des höffigen Gebietes 18000 km<sup>2</sup>. Das Erzgebiet findet in südlicher Richtung im Kupfererzgürtel Nordrhodesiens seine Fortsetzung.

Die erste Kupfererzlagerstätte Katangas war 1891 von dem Geologen Jules CORNET entdeckt worden. 1906 wurde die Produktionsgesellschaft Union Minière du Haut-Katanga (UMHK) mit dem Sitz in Elisabethville gegründet. Ihr Konzessionsgebiet erstreckt sich über 34 000 km<sup>2</sup> (Abb. 1)<sup>1)</sup>. Der Jahresumsatz der UMHK beträgt etwa ein Viertel des Gesamtumsatzes der Kolonie. In dem letzten Jahrzehnt produzierte die Gesellschaft die folgenden Kupfermengen in lg/t (zu 1016 kg):

1946	143,885	1951	191,959
1947	150,847	1952	205,749
1948	155,515	1953	214,116
1949	141,339	1954	223,791
1950	175,920	1955	234,673

Einschließlich des Jahres 1956 hat die Gesellschaft in den 50 Jahren ihres Bestehens nach den Angaben ihres Vorsitzenden M. SENGIER rd. 5 Mio t Kupfer erzeugt. In der Kupferhaushausse des Jahres 1955 war der Verkaufspreis für Katangakupfer von 30,50 Cts je lb im Jahre 1954 auf nicht weniger als 38 Cts gestiegen. Die Preissteigerung hat sich 1956 teilweise fortgesetzt.

Das Kupfererzgebiet der UMHK ist in drei Fördergebiete eingeteilt:

1. Gruppe Südost um Elisabethville,
2. Zentralgruppe um Jadotville und
3. Gruppe West um Kolwezi.

Die primären sulfidischen Erze — vorwiegend Kupferkies, daneben Bornit und Kupferglanz — sind bis zu einer Tiefe von 50–100 m oxydiert. Die Erze treten an Kontakten granitischer Ganggesteine mit gefalteten Kalken, Kalkschiefern, Dolomiten, Dolomitschiefern und Konglomeraten auf. Die Minen-Serie

der Lubudi-Formation (Système schisto-dolomitique) umfaßt im Erzgürtel nach E. KRENKEL<sup>2)</sup> von unten nach oben:

Erz- horizonte im engeren Sinne	1. Konglomerate, Feldspatsandsteine	
	2. Dolomit, kristallin, grobbankig	2–300 m
	3. Dolomit, kristallin, feinkörnig	20 m
	4. Dolomitische Schiefer	20 m
	5. Zellige Schichten („roches cellulaires“)	10 m
	6. Gebänderte Kieselschiefer (roches siliceuses feuilletées“)	15 m
	7. Kalkig-dolomitische Schiefer	30–100 m

Die dolomitischen Schiefer sind in der Nähe der eigentlichen Erzhorizonte mehr oder weniger talkig. Durch Wegführung eines Teils der Karbonate entstanden Residualgesteine, und diese sind vor allem die Erzträger.

In der Oxydationszone ist das Haupterz Malachit, der von blaugrünem Chrysokoll, Planchet, Shattuckit und Dioptas begleitet wird. Diese sekundären Erze füllen ausgelaugte Spalten, Hohlformen und Höhlungen oder bilden Adern; sie haben sich anstelle des fortgeführten Dolomits abgesetzt. Schwärzliche mulmige Kupfer-Kobalterze, die berühmte „terre noire“ (ein Gemisch von Kupferschwärze, Asbolan, Brauneisen, Heterogenit usw.) füllen Spalten und Klüfte der Dolomite.

Die in der Südostgruppe gelegene Grube Étoile du Congo („Stern des Kongo“) wurde bereits 1926 nach Erreichung des Grundwasserspiegels aufgelassen. Die Mehrzahl der heute in Betrieb stehenden Gruben sind Tagebaubetriebe. Die Grube Prince Léopold in Kipushi ging ebenso wie die Grube Shinkolobwe zum Tiefbau über. Dieser geht zur Zeit bei 250–400 m Teufe um und soll demnächst bis 500 m Teufe vorgetrieben werden. Die vererzten Zonen sind stark absetzig, sie werden aber mitunter 800 m lang und 15–16 m mächtig.

Im Raum von Kolwezi war erst 1942 mit dem modernen Abbau begonnen worden. Bis Ende 1950 waren hier aber bereits im Tagebaubetrieb etwa 6,4 Mio t Erz abgebaut worden. Auf der Grube Musonoi dieses Bezirkes hat man mit dem Einsatz leicht beweglicher Löffelbagger beste Erfolge bei der Überwindung von Schwierigkeiten, die starke Absetzigkeit und beständiger Wechsel der Erzzusammensetzung mit sich brachten, erzielt. Beim Terrassenabbau werden je nach der

<sup>1)</sup> REISSER, H.: Der Bergbau in Katanga (Belgisch-Kongo). — Bergbau-Rundschau, Bochum, 7, 1955, S. 365–373.

<sup>2)</sup> KRENKEL, E.: Geologie Afrikas. — III, 1, 1934, S. 1197.





Abb. 1. Kupfererzkonzession der Union Minière du Haut-Katanga (Belgisch-Kongo) nach REISSER 1955.

Zähigkeit der Gesteine schachbrettartig im Abstand von 3,5 bis 7,0 m Sprenglöcher mit einem Durchmesser von 15–23 cm bis zu 12 m Tiefe gebohrt. Sie werden mit 150–200 kg Dynamit mit 40% Nitroglycerin besetzt. Je nach der Härte der Gesteine werden Bohrmaschinen von 22, 29 oder 42 t Gewicht eingesetzt, die Gewichte der Bohrer betragen 600, 900 bzw. 2000 kg. Nach dem Schießen wird das gesprengte Gestein von elektrische betriebenen Löffelbaggern gehoben und auf Lastkraftwagen oder von E-Loks beförderten Spezialwaggons verladen.

Belgisch-Kongo steht mit 7,5% an sechster Stelle der Weltkupfererzeugung. 1955 gewann Ober-Katanga mit 8567 t Co fast 75% der gesamten Kobaltproduktion des kapitalistischen Wirtschaftsgebiets. Während sich der Metallgehalt der Kupfererze Katangas auf 5–14% Cu belaufen kann, führen selbst die reichsten seiner Kobalterze nur 1–2% Co.

Die UMHK hat große Bedeutung für die Versorgung der Atomindustrie mit spaltbarem Material — die Uranerzförderung wird kontraktlich an die USA und an Großbritannien geliefert — und ist als Radiumerzeuger allgemein bekannt. Die Uranlagerstätte Shinkolobwe, 26 km westlich von Panda, war 1915 entdeckt worden. In den linsenartigen Erzkörpern treten neben Pechblende braungelber Kasolit (Bleisilikouranat), kanariengelber Schoepit (H<sub>2</sub>O-haltiges Uranoxyd), dunkel-oranger Curit (Bleiuranat), spinatgrüner Torbernit (Kupferuranphosphat) und andere farbenfreudige Uranmineralien auf,

deren Zahl sich auf über 30 beläuft. Abgebaut wird im Tiefbau. Aus einer Tonne Uranmetall werden 0,322 g Radium gewonnen. Für Spaltzwecke wird das Uranmetall vorwiegend nach den USA geliefert. Durch einen Gürtel von Forts und Militärstationen werden die Uranlagerstätten von Shinkolobwe gesichert, und alle Zufahrtswege zu den Gruben werden beständig von Militäreinheiten kontrolliert. Aus Sicherheitsgründen ist der Wald um das Grubengebiet vollkommen gerodet worden.

In Kolwezi befindet sich eine Zinkelektrolyse, auch Cadmium (1953 : 32 t) wird dort gewonnen, ebenfalls Schwefelsäure als Nebenprodukt. Ferner ist seit 1955 ein Werk zur Gewinnung von Germanium und Cadmium aus den Flugstäuben der Kupfergießerei von Lubumbashi im Betrieb. In der Grube von Ruwe werden zur Gewinnung von Vanadium Descloizit, Mottramit und Carnotit enthaltende Erze zur Gewinnung von Vanadium gefördert. Daneben werden Gold, Palladium, Osmium, Iridium, Platin und Rhodium gewonnen. Rhodium ist das weißeste aller Metalle und wird daher für Teleskopspiegel verwendet. Die UMHK stellt auch platinhaltiges Kupfer her, das in Hoboken (Belgien) weiterverarbeitet wird.

50% ige Manganerze werden im äußersten Westen der Kupfererzzone abgebaut. Am oberen Lulua finden sich ähnliche Manganerze in einer Menge von mehreren Millionen Tonnen. Eine Aufbereitungsanlage für 150 t/h Durchsatz wurde kürzlich in Betrieb genommen. Auch Ferromangan wird für Exportzwecke hergestellt. Die gegenwärtige Manganerzförderung dürfte etwa 250 000 jato erreichen.

Außerhalb der Kupferzone wird noch Zinn abgebaut. Belgisch-Kongo fördert mit etwa 20000 jato Kassiteritkonzentrat 9% der kapitalistischen Weltproduktion. Daneben werden Tantalocolumbite gefördert (etwa 300 jato). Die zinnerzführenden eluvialen und alluvialen Seifen, die im Gebiet des Lualaba (Oberlauf des Kongo) und des Lufupa liegen, waren 1906 durch ROYNS entdeckt worden. In der Schmelze Manono werden die Zinnerze verhüttet.

Katanga hat eine Bevölkerung von knapp 1 ½ Mill. Menschen, davon sind über 52000 in Industrie und Bergbau beschäftigt, etwa 20000 bei der UMHK.

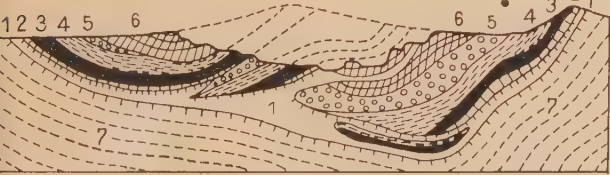


Abb. 2. Querschnitt durch die Kupfergrube Kambove-Central, nach KRENKEL, 1934. 1 Mylonite, 2 untere Dolomite, 3 Kiesel-schiefer, 4 dolomitische Schiefer, 5 dolomitische Kieselkalke, 6 obere Dolomite, 7 Kundelungu-Formation



## Lagerstätten in Französisch-Afrika

Die zum Teil hochwertigen Lagerstätten, die sich in den westafrikanischen Kolonialgebieten Frankreichs befinden, reizen immer mehr dazu, ihre Ausbeutung aufzunehmen, zu modernisieren und zu beschleunigen. In diesem Bestreben werden die finanzschwachen französischen Industriellen vor allem von den nordamerikanischen und den europäischen Monopolen unterstützt. So wurde z. B. im Oktober 1954 in einer Vereinbarung zwischen dem Bundeskanzler Adenauer und dem damaligen französischen Ministerpräsidenten Mendès-France ein Sachverständigenausschuß für gemeinsame deutsch-französische Zusammenarbeit in Afrika ins Leben gerufen. Inzwischen sind lediglich die Pläne für die gemeinsame Erschließung der Lagerstätten Tuniens, Marokkos und Algeriens infolge der seitdem eingetretenen politischen Veränderungen zurückgestellt worden.

### Sahara

Die französische Regierung hat eine Zentralverwaltung für das 3,6 Mio km<sup>2</sup> große Wüstengebiet gebildet, in dem etwa 2 Millionen Menschen, vorwiegend Nomaden, wohnen.

In der algerisch-marokkanischen Grenzzone der Sahara liegt das in vier Sektoren eingeteilte Gebiet ZOIA I, genannt nach dem Studienausschuß ZOIA (Zone d'Organisation Industrielle et Stratégique Africaine), der 1950 von der französischen Regierung gebildet wurde. Der mittlere Sektor von ZOIA I entspricht dem Kohlengbiet von Colomb-Béchar. Über Colomb-Béchar (100 000 Einwohner), als Knotenpunkt der kontinentalen Verbindungswege vom Mittelmeer zum Niger, führt nicht nur die westliche Transsahara-Piste, sondern auch die Bahnlinie nach dem algerischen Mittelmeerhafen Nemours. Die Vorräte des Reviers an Koks- und Kohle werden auf mehrere 100 Mio t geschätzt. Im Umkreis bis zu 200 km liegen die Kupfererzvorkommen vom Djebel Sahrom, die Bleierz-lagerstätten von Taouz, die Manganerzvorkommen vom Djebel Guettara sowie die Eisenerz-lagerstätten vom Djebel Ougnat (Marokko) und Ougarta, deren Ausdehnung über mehrere 100 km bekannt ist. Zur Ausbeutung der Manganerz-lagerstätte hat sich eine belgisch-französische Gesellschaft gebildet. Das kleine Vorkommen soll etwa 1,5 Mio t eines 45%igen Erzes enthalten. In 1–2 Jahren will man mit dem Abbau von zunächst 100 000 jato beginnen. Das Erz soll in einer Hütte in Colomb-Béchar zu exportfähigem Ferromangan verarbeitet werden.

Im westlichen Sektor liegen bei Gara Djebilet, 120 km südlich Tindouf (Tenduf), sich über 40 km erstreckende Eisenerz-lagerstätten, deren Erze 38–57% Fe bei wenig P enthalten. Die Vorräte werden mit etwa 3 Mrd. t angegeben. Der Abbau

würde auf keine technischen Schwierigkeiten stoßen, doch müßte eine 470 km lange Eisenbahnlinie bis Takumbu gebaut werden. Nach einer anderen Variante soll eine 720 km lange Bahnlinie bis Agadir, dessen Hafen durch Neubauten vergrößert werden müßte, gebaut werden.

Der nördliche Sektor umfaßt das Gebiet von Djerada und der südliche das Gebiet um In Salah und Berga. Die Umgegend von Djerada weist bereits einige industrielle Betriebe auf. Neben Hüttenwerken liegen hier die beiden Anthrazitreviere Zellidja und Bou Arfa, deren Vorräte je einige 100 Mio t betragen. Bei In Salah und Berga sind reiche Erdgasvorkommen erbohrt worden. Es ist geplant, das getrocknete Gas als Energiequelle für ein Kraftwerk auszuwerten, nachdem ihm die Flüssiggase entzogen worden sind. Im ganzen bohren dort vier Gesellschaften auf Erdöl und Erdgas. Der geologische Aufbau der Gebirgsschichten scheint zu dem Schluß zu berechtigen, daß, wenn man bauwürdige Erdöllakkumulationen antreffen wird, diese in ihrer Größenordnung etwa denen Arabiens entsprechen werden.

Nach den neuesten Nachrichten wurde südlich der algerischen Grenze ein neues großes Erdölfeld festgestellt, das sich nach den seismischen Erkundungen über 10 000 km<sup>2</sup> erstrecken könnte. Spekulative Kreise glauben, mit Vorräten in der Größenordnung von etwa 1 Mrd. t rechnen zu können (als Vergleich diene, daß die bisher bekannten Gesamtvorräte Venezuelas etwa 2 Mrd. t betragen).

Das Vorkommen wurde dadurch entdeckt, daß die Erkundungsbohrung Hassi-Massaoud in 3400 m Teufe auf ein Speichergestein stieß, aus dem bei den Testversuchen 150 m<sup>3</sup> Rohöl pro Tag gefördert werden konnten. Der Ort liegt 75 km südöstlich von Ouargla. Außerdem sind inzwischen die Bohrungen Laghouat 130 km südöstlich von Ouargla und Assi R'Mal, 50 km östlich von Bérane, fründig geworden.

Anfang 1956 war die Bohrung Edjélé 1 (s. Abb. 1) in 450 m Teufe fründig geworden. Sie gibt stündlich 3 m<sup>3</sup> leichten, dünnflüssigen Öls. 70 km westlich dieser Bohrung traf das Bohrloch Tig Ventourine 101 zwischen 521 und 535 m Tiefe gleichfalls auf Öl und ergab bei gutem Gasdruck 4,3 m<sup>3</sup> Öl pro Stunde. Hier wurde auch gleichzeitig trinkbares Süßwasser erbohrt. Unmittelbar an der libyschen Grenze östlich Ft. Flatters wurde Öl in angebl. 200 m Teufe erbohrt. Im Fezzan, also auf libyschem Territorium, das die französischen Truppen kürzlich räumten, wurde gleichfalls Öl erbohrt; es werden dort große Akkumulationen erwartet. Man rechnet damit, aus den Lagerstätten des libyschen Grenzgebiets in absehbarer Zeit eine Jahresproduktion bis zu 5 Mio t erzielen zu können.

Im Zentrum der Sahara wird in den metamorph-kristallinen Gesteinsserien des Hoggargebirges intensiv nach Lagerstätten hochwertiger Metalle, wie Wolfram- und Titanerzen, geschürft, nachdem man bereits Mangan-, Kupfer- und Zinnvorkommen gefunden hatte. Die Suche nach radioaktiven Erzen wurde von Flugzeugen aus mit ersten Erfolgen aufgenommen.

### Französisch-Westafrika

In Mauretanien wurde bei Ft. Gouraud eine Eisenerz-lagerstätte mit vielen Millionen t eines 66–68%igen Erzes entdeckt. Jährlich könnten etwa 4 Mio t abgebaut werden. Dazu müßte eine Bahn von etwa 400 km Länge nach dem Hafen Villa Cisneros (spanisch Rio de Oro) gebaut werden. Die Ausbeutung der Lagerstätte — das Erz soll sich vor allem zur Herstellung von Edelstählen eignen — liegt in den Händen einer französisch-britisch-kanadischen Kapitalistengruppe, die bereit ist, 20% des französischen Anteils an eine westdeutsche Industriegruppe abzutreten.

In Conakry (Golf von Guinea) werden seit vier Jahren Erze mit etwa 60% Fe von einer französisch-britischen Gesellschaft abgebaut. Die gegenwärtige Jahreskapazität der Grubenanlagen von 2 Mio t kann infolge von Absatzschwierigkeiten kaum zur Hälfte ausgewertet werden. Man verhandelt daher mit einer westdeutschen Gruppe, die an dem Unternehmen beteiligt werden kann, wenn sie die Abnahme von etwa 1 Mio jato garantiert.

Die französische Gesellschaft Bauxites du Midi, die auf den bei Conakry liegenden Loos-Inseln 400 000–500 000 jato Bauxit fördert und von der Canadian Aluminium Ltd. kontrolliert wird, hat bei Boké, unweit der Grenze von Portugiesisch-



Abb. 1. Ölfelder und Erkundungsbohrungen in Algerien und in der Sahara





Abb. 2. Erzlagerstätten in Französisch-Afrika

Guinea, ein neues Bauxitvorkommen entdeckt. Es wird dort der Bau einer Grube für eine Förderung von 300 000 t/ja geplant. Unter westdeutscher, schweizerischer und italienischer Beteiligung wird südlich des Koukouré-Flusses bei Kindia ein Aluminiumwerk mit einer Anfangskapazität von 100 000 t, die im späteren Ausbau auf 300 000 t erhöht werden kann, projektiert. Am Koukouré-Fluß sollen zwei Staudämme gebaut werden, die jährlich 3 bzw. 2 Milliarden kWh liefern könnten, doch stellen sich die Strompreise auf fast das Doppelte der von Französisch-Äquatorialafrika.

Außerdem projektiert eine französisch-europäische Industrie-Gruppe in der Nähe des Kraftwerkes Edea an den Wasserfällen des Sanaga (Kamerun) eine Elektrolyseanlage. Gleichzeitig finden Schürfungen auf Bauxitlagerstätten in Französisch-Kamerun bei Dschang und Fumban statt. Das geplante Tonerdewerk bei Kindia, das nach dem Bayer-Verfahren arbeiten wird und 500 000 t im Jahre erzeugen soll, wird die Elektrolysen bei Kindia und Edea mit Tonerde versorgen. Der Sanaga ist unterhalb der Edea-Fälle für Ozeandampfer schiffbar. Das gewonnene Aluminiummetall soll vorwiegend nach Frankreich und der Bundesrepublik ausgeführt werden.

#### Französisch-Äquatorialafrika

Bei Mekambo, in den Boca-Boca Bergen Gabuns, sind etwa 400 km vom Atlantik entfernt sehr bedeutende Eisenerz-lagerstätten entdeckt worden, die leicht abzubauen sind und eine gute Erzqualität geben. Die Schürfkonzession für dieses Erzgebiet hat sich die Bethlehem Steel Corporation gesichert. Die Vorräte betragen mehrere Hundert Millionen t, deren Fe-Gehalt mehr als 62% beträgt. Das Erz hat einen Mangel, es zerfällt sehr leicht und kommt stellenweise nur in Pulverform vor. Daher werden erhebliche Investitionen nötig, die sich nur rentieren können, wenn die Produktion auf 6–7 Mio t/ja gebracht werden kann.

Unweit Franceville, etwa 350 km von der Atlantikküste entfernt, befindet sich bei Mouenda eines der größten Mangan-erz-vorkommen der Welt. Die Société Minière de l'Ogooué, deren Aktienkapital sich zu 51% in französischen Händen und zu 49% im Besitz der amerikanischen U. S. Steel Corporation befindet, hat mit den Aufschlußarbeiten begonnen. Die Lagerstätten sollen 150 Mio t Erz mit 40–50% Mn enthalten. Das in den Mangangruben geförderte Erz wird mittels Drahtseilbahn nach Franceville und von dort auf der Eisenbahnlinie nach Brazzaville bis zum Hafen Pointe Noire befördert. Man rechnet damit, den Bau der Transportanlagen so beschleunigen zu können, daß mit dem Abbau des Manganerzes in der

zweiten Hälfte des Jahres 1960 begonnen werden kann. Die Produktion soll zunächst 650 000 t/ja betragen und dann schrittweise auf 1 Mio t/ja heraufgesetzt werden. Die Investierungskosten werden auf 20 Mrd. frfs (= etwa 240 Mio DM) veranschlagt. Hierdurch würde Gabun zum zweitgrößten Manganproduzenten nach der Sowjetunion werden. Von der Anfangsförderung sollen 250 000–300 000 t/ja für die französische Hüttenindustrie, die gleiche Menge für die Eisen- und Stahlindustrie der USA und der Rest für sonstige Verbraucher einschließlich der Bundesrepublik zur Verfügung stehen.

Beachtlich sind die Erfolge der SPAEF (Société des Pétroles d'Afrique Équatoriale Française) im sedimentären Küstenbecken bei Port Gentil. Die Gesellschaft rechnet mit einer Produktion von etwa 300 000 t Rohöl für 1957; der erste Tanker mit Gabun-Öl soll im Februar Port Gentil verlassen. Von 19 sind 12 Sonden fündig geworden. Geplant ist, im Laufe des Jahres das Innere des Sedimentärbeckens durch 7 Erkundungsbohrungen weiter aufzuschließen.

Auch an die Ausbeute der seit langem bekannten Kupfer-vorkommen von Mindouli im Niari-Tal (etwa 200 km westlich Brazzaville), deren Produktion 1929 eingestellt worden war, wird wieder gedacht. Die seit 1954 durch das „Bureau Minière de la France d'Outre Mer“ vorgenommenen Erkundungen führten zur Feststellung neuer Kupferlagerstätten westlich der alten Betriebe, von denen einige bauwürdig sind. Man rechnet damit, daß in 2–3 Jahren im Niari-Tal ein bescheidener, aber zukunftsreicher Kupfererzbergbau entstehen könnte.

Größere Aufschlußarbeiten auf Kalisalze finden zur Zeit am Azingo-See (Gabun) und auf Phosphate von Holle (Mittlerer Kongo) statt. Am Kouilou-Fluß, der nördlich von Pointe Noire in den Ozean mündet, ist der Bau eines Stauwerks geplant, dessen aufgestaute Wassermenge jährlich 7 Mrd. kWh Strom liefern könnte. Der Preis für 1 kWh dieser äquatorial-afrikanischen Energie wird sich nach den bisherigen Kalkulationen auf etwa 0,05 DM belaufen. Man will das Kraftwerk mit einer Fabrik für Ammoniakphosphate koppeln, um so die Rohphosphate von Holle, die sich unverarbeitet nicht exportieren lassen, exportfähig zu machen.

Den Aufbau der neugeplanten und in Entwicklung begriffenen Industrieunternehmen soll in der Art von Kombinatenerfolgen, die örtliche Selbständigkeit besitzen werden. Gleichzeitig mit der Industrie und parallel zu ihr soll die Landwirtschaft der Industriegebiete ausgebaut und modernisiert werden. Dagegen soll für die Energieversorgung und den Bau der nötigen Verkehrsverbindungen der französische Staat sorgen. Auf jeden Fall wird in Zukunft Französisch-Afrika durch die beginnende Industrialisierung auf der Basis einheimischer Lagerstätten und durch die sich daraus ergebenden Export- und Importmöglichkeiten stärker als bisher mit der europäischen Wirtschaft verbunden sein.

#### Afrikanische Kohlen für die englische Wirtschaft

Die große Brennstofflücke der englischen Wirtschaft, die im Jahr 1956 Kohlenimporte im Werte von über 100 Millionen £ notwendig machen dürfte, beabsichtigt man durch den Ausbau afrikanischer Kohlenvorkommen zu schließen. Hauptsächlich denkt man an die Kohlengruben von Wankie in Südrhodesien, die eine Förderkapazität von 5,25 Millionen t/ja haben, jedoch wegen der schlechten Transportmöglichkeiten nur etwa 3,75 Millionen t/ja fördern. Man will die notwendigen Transportverhältnisse (Eisenbahnen und Straßenbauten) verbessern, um in Zukunft etwa 10 Millionen t afrikanische Kohle nach England einführen zu können. E.

#### Coal pipeline in den USA

Mit 10 Millionen Dollar wurde zur Überwindung von Transport-schwierigkeiten eine pipeline zur Beförderung der Steinkohlen, die unweit Cadiz im östlichen Ohio gewonnen werden, zu einem Kraftwerk am Erie-See hergestellt. Die Leitung, die Anfang 1957 in Betrieb genommen werden soll, ist 110 Meilen lang und etwas über 1 m tief unter der Erdoberfläche verlegt. Die Kohle wird in einer Vorbereitungsanlage gereinigt, auf die nötige Korngröße gebracht und dann mit Wasser gemischt in die Leitung gepumpt. Der Durchfluß beträgt 150 t pro Stunde. L.



# Instruktion zur Anwendung der „Klassifikation der Lagerstättenvorräte fester mineralischer Rohstoffe“ auf Kali- und Steinsalzlagerstätten<sup>1)</sup>

1. Kali-Instruktion  
Vom 5. Dezember 1956.

## Inhalt

- Allgemeines (geologische Stellung der Salzlagerstätten, petrographisch-mineralogische Daten, Begriffsbestimmungen u. a.).
- Die Forderungen der Industrie an Kalisalz Lagerstättenvorräte.
- Die Forderungen der Industrie an Steinsalz Lagerstättenvorräte.
- Der industrielle Minimalgehalt und der geologische Schwellengehalt für Kali- und Steinsalz Lagerstätten.
- Die Salzlagerstättentypen der DDR.
- Forderungen zur Methodik der geologischen Erforschung von Salzlagerstätten.
- Die Einstufung der Vorräte in die Vorratsklassen.
- Anhang.

## 1. Allgemeines

(geologische Stellung der Salzlagerstätten, petrographisch-mineralogische Daten, Begriffsbestimmungen u. a.)

- Kali- und Steinsalz Lagerstätten sind die Grundlage für die Kali- und Steinsalzgewinnung. Alleiniges Vorkommen von Steinsalz Lagerstätten ist häufig, die Vergesellschaftung von Kali- und Steinsalz Lagerstätten relativ selten; die alleinige Ausbildung von Kalisalz Lagerstätten ist nirgends zu verzeichnen.
- Wirtschaftlich nutzbare Kali- und Steinsalz Lagerstätten treten in verschiedenen Formationen der Erdgeschichte auf.
- In der DDR sind Steinsalz Lagerstätten im Mittleren Muschelkalk (mm) und Oberen Buntsandstein (so) entwickelt. Sie werden zum Teil durch Aussolung genutzt; ihre wirtschaftliche Bedeutung ist jedoch gering. Wirtschaftlich weit bedeutender sind die Kali- und Steinsalz Lagerstätten des Zechsteins (z), die einen wesentlichen Anteil der Weltvorräte an Kali ausmachen. Die Nutzung dieser Lagerstätten findet nur zu einem ganz bescheidenen Teil durch Aussolung (bei Steinsalz) statt, während die bergmännische Gewinnung des Steinsalzes und vor allem der Kalisalze von überragender Bedeutung ist.
- Die Zechsteinsalze werden in Deutschland wie folgt stratigraphisch gegliedert und bezeichnet<sup>2)</sup>:

Zechstein 4 (Aller-Serie)	A 4 r	Grenzanhydrit
	Na 4	Aller-Steinsalz („Jüngstes Steinsalz“)
	A 4	Pegmatitanhydrit
	T 4	Roter Salzton
<hr/>		
Zechstein 3 (Leine-Serie)	Na 3	Leine-Steinsalz („Jüngeres Steinsalz“)
	A 3	Hauptanhydrit
	± Ca 3	Plattendolomit
	T 3	Grauer Salzton
<hr/>		
Zechstein 2 (Staßfurt-Serie)	A 2 r	Gebänderter Deckanhydrit
	Na 2 r	Decksteinsalz
	K 2	Flöz „Staßfurt“
	Na 2	Staßfurt-Steinsalz („Älteres Steinsalz“)
	A 2	Basalanhydrit
	Ca 2	Hauptdolomit-Stinkdolomit-Stinkschiefer
	T 2	Braunroter Salzton
	<hr/>	
Zechstein 1 (Werra-Serie)	A 1 β	Oberer Werra-Anhydrit
	Na 1 γ	Oberes Werra-Steinsalz („Ältestes Steinsalz“)
	K 1 H	Flöz „Hessen“
	Na 1 β	Mittleres Werra-Steinsalz („Ältestes Steinsalz“)
	K 1 Th	Flöz „Thüringen“
	Na 1 α	Unteres Werra-Steinsalz („Ältestes Steinsalz“)
	A 1 α	Unterer Werra-Anhydrit-Knotenschiefer
	Ca 1	Zechsteinkalk
	T 1	Kupferschiefer
	S 1	Konglomerat

<sup>1)</sup> Diese Instruktion, die aus praktischen Erwägungen in vielem noch einen vorläufigen Charakter trägt — die Erfahrung der nächsten Jahre wird bei ihrer endgültigen Fassung eine bedeutende Rolle spielen —, wurde von der ZVK in Gemeinschaft mit Vertretern des Ministeriums für Berg- und Hüttenwesen, der Hauptverwaltung Kali und der Staatlichen Geologischen Kommission ausgearbeitet.

<sup>2)</sup> nach RICHTER-BERNBURG (1953).

- Wirtschaftlich genutzt werden gegenwärtig folgende Horizonte:

Aller-Steinsalz Na 4 („Jüngstes Steinsalz“)  
Leine-Steinsalz Na 3 („Jüngeres Steinsalz“)  
Kaliflöz „Staßfurt“ K 2  
Staßfurt-Steinsalz Na 2 („Älteres Steinsalz“)  
Werra-Steinsalz Na 1 („Ältestes Steinsalz“)  
Kaliflöz „Hessen“ K 1 H  
Kaliflöz „Thüringen“ K 1 Th

- Steinsalz hat — bei weit größerer Gesamtverbreitung — gewöhnlich eine beinahe monomineralische Zusammensetzung: Halit (NaCl); Kalisalze dagegen haben meist einen relativ komplizierten mineralogischen und chemischen Bestand.

- Größte wirtschaftliche Bedeutung besitzen folgende Salzminerale:

a) Steinsalz (NaCl) (nur bei Steinsalzgewinnung)  
b) Sylvit (KCl)  
c) Carnallit (KCl · MgCl<sub>2</sub> · 6 H<sub>2</sub>O)  
d) Kieserit (MgSO<sub>4</sub> · H<sub>2</sub>O)

In den Lagerstätten der DDR erlangen gelegentlich und auch dann nur relativ geringe Bedeutung:

e) Kainit (KCl · MgSO<sub>4</sub> · 3 H<sub>2</sub>O)  
f) Polyhalit (2 CaSO<sub>4</sub> · K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> · MgSO<sub>4</sub> · 2 H<sub>2</sub>O)  
g) Langbeinit (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> · 2 MgSO<sub>4</sub>)  
h) Boracit (Staßfurtit) (5 MgO · 7 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> · MgCl<sub>2</sub>)  
i) Rubidiumchlorid (RbCl)  
k) Brom (Br)<sup>3)</sup>

- Folgende Minerale bzw. Stoffe können neben anderen für die fabrikatorische Verarbeitung von schädlichem Einfluß sein:

a) Ton- und Karbonatschlämme,  
b) bei der Hartsalzverarbeitung gelegentlich auch Kieserit und Carnallit,  
c) Tachyhydrit (2 MgCl<sub>2</sub> · CaCl<sub>2</sub> · 12 H<sub>2</sub>O).

Je komplizierter der mineralogische und chemische Bestand der Kalisalzgesteine ist, um so komplizierter gestaltet sich die Technologie ihrer Verarbeitung.

- Besonders unangenehm sind tonig-karbonatische Verunreinigungen und andere unlösliche Bestandteile, da zugleich mit ihrer Entfernung nicht unbedeutende Verluste an Kalium und Magnesium zu verzeichnen sind.

- Kieserit ist zuweilen im Rohsalz zwar gern gesehen (Herstellung von Kaliumsulfat und Emgekali), doch ruft er bei seinem feinkörnigen Anfall große Verluste an K<sub>2</sub>O beim Klären der Löselauge hervor.

- Staßfurtit-Konkretionen (oft Boracitknollen genannt) können in Einzelfällen gewinnbringend geklaubt oder aus dem Schlamm gewonnen werden. Bei weicher Ausbildung tragen sie andererseits zur Schlammabildung und damit zu K<sub>2</sub>O-Verlusten bei.

- Tachyhydrit wirkt sich bei Anwesenheit von Kieserit schädlich aus, da sich feinstkörnige Kalziumsulfate bilden, welche erhebliche Klärungsschwierigkeiten verursachen.

- Der Kaliumgehalt von Polyhalit, Langbeinit und anderen schwerlöslichen Kaliumverbindungen wird zwar durch die chemische Analyse erfaßt, geht jedoch im Löseprozeß in der Regel verloren.

- Die Salzminerale bilden miteinander und unter Einbeziehung anderer Minerale Salzgesteine. Die Bezeichnungen dieser Gesteine gehen meist auf die bergmännische Praxis zurück, wobei für die Namensgebung die Minerale mit der größten wirtschaftlichen Bedeutung maßgebend waren. Im einzelnen kommen folgende Salzgesteine für die bergmännische oder Solegewinnung in Betracht:

- Steinsalz:  
Steinsalz mit ± starken Verunreinigungen von Ton, Anhydrit, Kieserit, Kalimineralen u. a.

<sup>3)</sup> Bedeutsam ist der Umstand, daß das Chlor der Chloride im Gitter der Kristalle teilweise durch Brom ersetzt wird. Im Carnallit beträgt das Verhältnis von Chlor zu Brom bei gewissen Schwankungen etwa 150 : 1. Außerdem enthält Carnallit etwa 0,03% Rubidiumchlorid. (Nach FULDA.)



## 1. Kali-Instruktion der ZVK

- 1.32 *Carnallitgestein*<sup>4)</sup>: Carnallit mit Steinsalz (Carnallit) und meist  $\pm$  starken Beimengungen von Kieserit und/oder Anhydrit.
- 1.33 *Sylvinit*: Sylvinit und Steinsalz.
- 1.34 *Hartsalz*: Sylvinit mit Steinsalz und Kieserit und/oder Anhydrit.
- 1.35 *Kainitgestein*<sup>4)</sup>: Kainit und Steinsalz.

## 2. Die Forderungen der Industrie an Kalilagerstättenvorräte

- 2.1 Die Haupterzeugnisse der Kalifabriken sind Kalium-Chlorid, Kalium-Sulfat und Kalium-Magnesium-Sulfat. Von den Nebenprodukten sind Brom und Magnesium-Chlorid wichtig. Der übergroße Teil der Kaliproduktion wird in der Landwirtschaft als Düngemittel verwendet. Der Rest dient der chemischen Industrie als Rohstoff. (Die wichtigsten Handelsprodukte des Kalibergbaues und der Kalifabrikation, ebenso wie die Nebenprodukte sind in den Tabellen 1 und 2 aufgeführt.)<sup>5)</sup>
- 2.2 Für die wirtschaftliche Erzeugung dieser Fabrikate müssen an den Rohstoff bei dem gegenwärtigen Stand der technischen Entwicklung folgende Forderungen gestellt werden:
- 2.21 Ein bestimmter Durchschnittsgehalt an  $K_2O$  darf nicht unterschritten werden (industrieller Minimalgehalt);
- 2.22 es müssen bestimmte Qualitäten vorliegen (mineralogische Zusammensetzung, Verwachsungsverhältnisse, Nichtüberschreitung des zulässigen Maximums an schädlichen Beimengungen u. a.);
- 2.23 die Lagerungsverhältnisse und bergtechnischen Abbaubedingungen müssen eine Gewinnung ermöglichen. Aufgabe der geologischen Erkundung einer Salz-lagerstätte ist es, der Industrie verlässliche Angaben über die Substanzmenge des Rohstoffes zu geben und die genannten Fragen zu klären.
- 2.3 Die allgemeinen bergtechnischen Forderungen der Industrie laufen auf folgende Feststellungen bei der Erkundung hinaus:
- 2.31 a) Mächtigkeit, Lagerung und Struktur der Lagerstätte;  
b) Ausbildung der Liegend- und Hangendschichten des Kalisalz-lagers und die Möglichkeit von Lauge- und Gaseinbrüchen in die Grubenbaue;  
c) Zustand des Deckgebirges und seine Wasserführung;  
d) Lage des Salzspiegels resp. Lage des Salzhanges;  
e) Lage möglicher Auslaugungszonen und mögliche Zertrümmerungszonen des Deckgebirges.
- 2.32 Für fast alle bergbaulich genutzten Kalisalz-lagerstätten in der DDR hat das Problem der maximalen Teufe für den Abbau keine praktische Bedeutung. Für die anderen Lagerstätten und Gebiete der geologischen Kalisalzerkundung wird vorläufig die maximale Abbauteufe für Bilanzvorräte mit 1200 Metern festgelegt. Die untere Grenze der Teufe für die Berechnung der Außerbilanzvorräte wird vorläufig bei 2000 Meter gesetzt.

## 3. Die Forderungen der Industrie an Steinsalz-lagerstättenvorräte

- 3.1 In Abhängigkeit vom Verwendungszweck werden drei Sorten Steinsalz unterschieden: Speisesalz, Viehsalz, und Industriesalz. Die Hauptmenge an Steinsalz wird für industrielle Zwecke verwendet. (In der chemischen Industrie ist Steinsalz der Rohstoff für die Fabrikation von Natrium- und Chlorverbindungen. Die wichtigsten in der DDR handelsüblichen Steinsalzprodukte sind in Tabelle 3<sup>6)</sup> aufgeführt.)
- 3.2 Steinsalz wird bergmännisch und durch Aussolen gewonnen.
- 3.21 Je nach Verwendungszweck des Steinsalzes werden an das Fördergut bestimmte Anforderungen (z. B. Garantiesalz) gestellt; bei der großen Zahl ungewöhnlich reiner Steinsalzlager in der DDR führt das zu ihrer besonderen Festlegung für jede einzelne Lagerstätte.

- 3.22 Während im Steinspeisesalz jede Verunreinigung, besonders durch K und Mg, unerwünscht ist, wird ein geringer Kaliumgehalt der Sole dann begrüßt, wenn sie zur Siedespeisesalzerzeugung bestimmt ist. Ein solcher Kaliumgehalt in Spuren vergrößert das Korn des Siedesalzes.
- 3.3 Die allgemeinen bergtechnischen Forderungen der Industrie an die Erkundung sind analog denen für Kalisalz-lagerstätten (2.3).

## 4. Der industrielle Minimalgehalt und der geologische Schwellengehalt für Kali- und Steinsalz-lagerstätten

- 4.1 Bei Vorratsberechnungen ist zu unterscheiden zwischen dem industriellen Minimalgehalt, d. h. dem geringsten wirtschaftlich noch tragbaren Durchschnittsgehalt des Fördergutes (Lieferproduktes an die Fabrik) und dem geologischen Schwellengehalt, d. h. dem niedrigsten  $KCl$ - bzw.  $K_2O$ -Gehalt einer anstehenden Salzpartie, der zwar unter dem industriellen Minimalgehalt liegt, jedoch auf Grund bestimmter Umstände noch abgebaut und verarbeitet werden kann, und zwar bei Einhaltung des geforderten industriellen Minimalgehaltes für die laufende Förderung.
- 4.2 In der Praxis muß somit unterschieden werden zwischen folgenden drei Begriffen:
- 4.21 Der tatsächlich gelieferte *Durchschnittsgehalt* bzw. der *tatsächliche Durchschnittsgehalt* des Lagers bzw. der Lagerstätte (berechnet nach den vorliegenden Erkundungsergebnissen); er darf nicht niedriger als der industrielle Minimalgehalt sein.
- 4.22 Der *industrielle Minimalgehalt* ist eine von der Industrie gesetzte Grenze, unter welcher eine wirtschaftliche Verarbeitung des Rohsalzes unmöglich ist. Als unterer Grenzwert hat der industrielle Minimalgehalt Gültigkeit nur für einen Vorratsdurchschnitt; bei Förderbetrieben für den Durchschnitt der Schicht- oder Tagesförderung; bei anstehenden Vorräten für die Vorräte einer Abbaueinheit (Block, Lagerstättenteil). Der industrielle Minimalgehalt ist nie niedriger als der geologische Schwellengehalt.
- 4.23 Der *geologische Schwellengehalt* ist eine vom Geologen für jeden Block, Lagerstättenteil usw. individuell festgesetzte Grenze, welche abbauwürdige Mengen (Bilanzvorräte) von nicht abbauwürdigen (Außerbilanzvorräten) abgrenzt. Der geologische Schwellengehalt kann mit dem industriellen Minimalgehalt zusammenfallen, liegt jedoch meist niedriger. Der Gehaltsunterschied beider ergibt sich aus der Möglichkeit, hochwertige Salze bis zum industriellen Minimalgehalt durch minderwertige Salze zu „verdünnen“, wobei diese Möglichkeit — und damit der geologische Schwellengehalt — sich von Block zu Block verändern kann.
- 4.24 Der tatsächliche Durchschnittsgehalt hat für betriebliche Abrechnungen und Planungen Bedeutung; der industrielle Minimalgehalt ist die wichtigste Bezugssziffer für gesamtwirtschaftliche Vorratsbetrachtungen; der geologische Schwellengehalt hat lediglich örtliche Bedeutung für die Festlegung der Abbaugrenzen eines Lagers.
- 4.3 Der *industrielle Minimalgehalt* wird bei gegebenem Stand der technischen Entwicklung in der DDR vor allem durch die Eigenschaften der Lagerstätte selbst bestimmt. Er ließe sich somit einheitlich für bestimmte Lagerstättentypen festlegen. Die vorhandene technische Einrichtung der einzelnen Betriebe und andere ständig oder zeitweilig wirkende Faktoren lassen es jedoch zweckmäßig erscheinen, vorläufig auf eine solche einheitliche Festlegung zu verzichten und den industriellen Minimalgehalt wie folgt für die Kaliwerke festzusetzen:

Industrieller Minimalgehalt	7,5% $K_2O$	9% $K_2O$	10% $K_2O$
Kaliwerke*			

<sup>4)</sup> In der Praxis hat sich leider für die Salzgesteine auch die Bezeichnung Carnallit und Kainit eingebürgert.

<sup>5)</sup> Siehe Anhang.

<sup>6)</sup> Siehe Anhang.

\* Aus Platzmangel werden hier die verschiedenen Werke nicht aufgeführt.



- 4.31 Wenn ein Betrieb mit Zustimmung des ihm übergeordneten staatlichen Organs den industriellen Minimalgehalt zwecks Steigerung der Wirtschaftlichkeit der Anlage erhöht, gehen bestimmte Rohstoffmengen verloren, die unter normalen Bedingungen auch gegenwärtig volkswirtschaftlich gewinn- und verwertbar wären.
- 4.32 Bei der Vorratsberechnung sind in solchen Fällen die Vorräte nach dem *industriellen Minimalgehalt* und dem individuellen für die Lagerstätten vereinbarten Minimalgehalt (Durchschnitt) des Fördergutes zu berechnen. Die erste Vorratsziffer erscheint in der Vorratsbilanz für die DDR; die zweite Ziffer ist wichtig für die praktische Arbeit des Betriebes. Die Differenz zwischen beiden erscheint in der Vorratsabrechnung des Betriebes unter den *projektierten* und später den *tatsächlichen* Verlusten.
- 4.33 Die Kaliumgehalte von Polyhalit, Langbeinit u. a. werden rechnerisch aus ihrem Mineralanteil am Salzgestein ermittelt und gesondert angegeben.
- 4.4 Die *untere Grenze der Außerbilanzvorräte*, bis zu welcher Kalisalzvorräte in der Vorratsberechnung erfaßt werden, wird einheitlich mit 6,0% K<sub>2</sub>O festgelegt.

## 5. Die Salzagerstättentypen der DDR

Die Salzagerstättentypen der DDR lassen sich nach Form, Struktur, Salztektonik und anderen Gesichtspunkten in mehrere Lagerstättentypen gruppieren, zu deren Erkundung nach Art und Umfang unterschiedliche Maßnahmen durchzuführen sind, und bei deren Vorratsberechnung verschiedene Voraussetzungen erfüllt sein müssen:

### 5.1 Lagerstättentyp I

Schichtartige Salzagerstätten, die sich durch Aushalten im Fallen und Streichen auszeichnen. Die Mächtigkeit des Kalisalzagers ist verhältnismäßig gering, jedoch annähernd gleichbleibend. Die fazielle Ausbildung des Kalilagers ist relativ beständig, d. h. im allgemeinen nur großräumigem Wechsel unterworfen. Die Tektonik der Lagerstätte ist einfach, die Lagerung überwiegend ruhig, horizontal oder flach geneigt (Beispiel: Werra-Lagerstätten).

### 5.2 Lagerstättentyp II

Schichtartige Lagerstätten, die sich durch aushaltende Verbreitung auszeichnen. Die meist größere Mächtigkeit ist jedoch unbeständig. Auch die fazielle Ausbildung des Lagers ist unregelmäßig. Sie kann sich auf kurze Entfernungen ändern, kann aber auch über größere Flächen gleich bleiben. Die Tektonik der Lagerstätte ist wechselnd. Bei überwiegend ruhigen Lagerungsverhältnissen mit nur schwachen Störungen treten Feldesteile mit intensiven Sattel- und Muldenbildungen, seltener auch Überschiebungen oder lokalen Anstauungen auf. Kennzeichnend ist für diesen Typ die disharmonische Tektonik des Salz- und Deckgebirges, da letzteres dem gestörten Salzgebirge meist relativ ungestört aufliegt (Beispiel: Südharz-Lagerstätten).

### 5.3 Lagerstättentyp III

Schichtartige Lagerstätten, die sich durch aushaltende Verbreitung auszeichnen und deren meist größere Mächtigkeiten Schwankungen unterliegen können. Fazieswechsel können auftreten. Für diesen Lagerstättentyp ist steile und sehr steile, an langgestreckte Sattelzonen gebundene Lagerung der Flöze kennzeichnend. Bei den das Deck- und Salzgebirge erfassenden Störungszonen ist das Salzgebirge gegen das Hangende im Sattelscheitel durch einen Salzspiegel begrenzt (Beispiel: Staßfurter Lagerstätten).

### 5.4 Lagerstättentyp IV

Zu diesem Lagerstättentyp werden kuppel- und stockähnliche Formen, d. h. Salzstöcke und -dome (Diapire) gerechnet. In diesen Lagerstätten, die meist im zentralen Kern (diapire Strukturen) Steinsalz enthalten, sind die Kalilager oft kompliziert und steil gefaltet, zuweilen unterbrochen. Ihre Mächtigkeit schwankt. Der Steinsalzkern reicht in der Regel in große Teufen hinab.

## 6. Forderungen zur Methodik der geologischen Erforschung von Salzagerstätten

### 6.1 Allgemeines

- 6.11 Die geologische Erkundung von Salzagerstätten wird durch Bohrungen und bergmännische Arbeiten vorgenommen. Hierbei gilt bei Salzagerstätten mehr als bei anderen, daß die Erkundung mit einem Minimum an OT-Bohrungen<sup>7)</sup> durchgeführt werden muß. Das Studium geologischer Einzelheiten (Fazies des Lagers, Tektonik usw.) muß der Erkundung mittels bergmännischer Arbeiten vorbehalten bleiben. Die angestrebte — im Vergleich zu anderen Rohstoffen anormal geringe — Zahl der OT-Bohrungen muß durch ihre rationelle Verteilung auf der Lagerstätte und durch intensive Einschaltung geophysikalischer Erkundungsverfahren ein Maximum an erreichbaren Erkenntnissen ermöglichen.
- 6.12 Jedes OT-Bohrloch muß nach seiner Einstellung verläßlich verfüllt werden, nachdem vorher durch azimutale und Neigungsmessungen die Lage des Bohrlochs genau bestimmt wurde. (Eine sorgfältige Durchführung dieser Arbeiten ist für die nachfolgende Festlegung der Sicherheitspfeiler unerläßlich.) Gebohrt werden darf in Salzgesteinen nur mit salzgesättigten Spülungen oder ohne Spülung.
- 6.13 Der Kerngewinn darf im nutzbaren Rohstoff nicht geringer als 90% sein, im Trümmer-Carnallit nicht weniger als 70%.
- 6.14 UT-Bohrungen<sup>8)</sup> zur Erkundung tektonischer und anderer geologischer Einzelheiten können von den bergmännischen Bauen aus im notwendigen Umfange unter Beachtung der vorgeschriebenen Sicherungsmaßnahmen ausgeführt werden.
- 6.141 Wenn durch UT-Bohrungen die volle Mächtigkeit eines Kalilagers nachgewiesen werden soll, muß das Hangende und Liegende angebohrt werden. (Im Werra-Revier das hangende und liegende Steinsalz mit etwa 5 Metern. In den übrigen Revieren: der Graue Salztou bzw. gebänderte Deckanhydrit mit etwa 0,5 Meter, das Ältere Steinsalz mit etwa 10 Metern.)
- 6.142 Bohrungen in der Ebene einer Schicht des Lagers sind zur Beurteilung seiner K<sub>2</sub>O-Gehalte unbrauchbar.
- 6.143 Bei UT-Bohrungen auf Steinsalz muß zur Beurteilung der Mächtigkeit das Hangende und Liegende aus Färbung, Bänderung und chemischer Analyse einwandfrei erkennbar sein.

### 6.2 Dokumentation

- 6.21 Für die geologische Dokumentation von Erkundungsbohrungen hat die „Vorläufige Arbeitsanweisung zur Felddokumentation geologischer Erkundungsarbeiten“ der Staatlichen Geologischen Kommission Gültigkeit.
- 6.22 Für die geologische Dokumentation bergmännischer Erkundungsarbeiten ist die gleiche Arbeitsanweisung gültig, sofern durch die HV-Kali keine generellen Anweisungen für die Salzagerstätten der DDR vorliegen bzw. herausgegeben werden.
- 6.23 Diese oder andere Anweisungen können nicht die Forderungen der ZVK außer Kraft setzen, die bei der Berechnung der Vorräte (siehe 7ff.) erhoben werden.

### 6.3 Die Probenahme

- 6.31 Bei der Einteilung des Kerns und der Schlitzes in Proben für die chemische Analyse ist folgendes zu beachten:
- 6.311 Die Gesamtlänge der erprobten Mächtigkeit muß der vollen Mächtigkeit des Lagers entsprechen.
- 6.312 Bei ungleichmäßiger Zusammensetzung des Lagers muß seine Gesamtmächtigkeit in einzelne, stofflich möglichst gleichartige Sektionen unterteilt werden, damit gleichartige Varietäten auch gesondert analytisch bestimmt werden können. Die geringste Länge derartiger Sektionen soll 0,5 m, die größte im gleichartigen Rohstoff 5 m betragen.

<sup>7)</sup> OT-Bohrungen = Bohrungen von der Tagesoberfläche aus.

<sup>8)</sup> UT-Bohrungen = Untertagebohrungen.



## 1. Kali-Instruktion der ZVK

- 6.313 Wenn diese Gliederung nicht schon durch Augenbefund möglich ist, hat dies auf Grund von Körnerpräparat-, Dünn- oder Anschliffen zu erfolgen. In Zweifelsfällen sind stets Einzelsektionen zu nehmen, da sie leicht — nach Eingang der chemischen Analyse — vereinigt werden können.
- 6.314 Wenn im Rohstoff Zwischenschichten von Ton, Anhydrit, Karbonaten und anderen störenden Stoffen enthalten sind, werden diese Zwischenschichten bis zu 5 cm Mächtigkeit in die Proben einbezogen und bei der Analyse mitbestimmt. Wenn diese Zwischenschichten eine größere Mächtigkeit als 5 cm haben, sind sie gesondert zu berechnen, um Unterlagen dafür zu erhalten, ob die Klaubung oder anderweitige Sortierung des Rohstoffes zweckmäßig ist.
- 6.32 Bei der Probenahme in bergmännischen Bauen gilt sinngemäß 6.311 — 6.314. Als Probenart wird die Schlitzprobe empfohlen, evtl. in Verbindung mit Hoch- und Tiefbohrungen (Bohrmehlbohrungen).
- 6.321 Wenn bei der bergmännischen Erkundung nicht die volle Mächtigkeit des Lagers freigelegt wurde, sind die Schlitz durch Bemusterungsbohrungen zu ergänzen, so daß das Profil des Lagers und Probematerial vom Hangenden bis zum Liegenden vorliegt (siehe hierzu 6.141).
- 6.322 Wenn die Schlitz nicht senkrecht zur Schichtung angesetzt werden, ist bei der Berechnung der wahren Mächtigkeit des Lagers auf eine richtige Umrechnung möglicher Sektionen für einzelne Varietäten zu achten.
- 6.323 Die Proben werden in Abständen von 20 bis 40 Metern im allgemeinen an einem Stoß oder schachbrettartig an beiden genommen. Die Abstände werden für jede Lagerstätte in Abhängigkeit von der Gleichmäßigkeit der Lagerausbildung durch den Betriebsgeologen für die Lagerstätte oder ihre Teile festgelegt; einmal festgelegt, sind die Entfernungen der Abstände unbedingt einzuhalten.
- 6.324 Vor der Probenahme ist zu prüfen, ob das Salz frisch ansteht. Frisches Salzgestein ist fest und trocken, nicht matt pulverig und läßt das körnige Gefüge klar erkennen. Nötigenfalls ist vor der Probenahme erst das frische Salzgestein freizulegen.
- 6.4 *Zusätzliche Untersuchungen*
- 6.41 Neben der chemischen Analyse sind ausreichend kristalloptische sowie Dünn- und Anschliffuntersuchungen durchzuführen. Ihre Anzahl ist auf Grund der örtlichen Verhältnisse durch den Betriebsgeologen festzulegen.
- 6.5 *Zur Bearbeitung der Proben*
- 6.51 Die Verjüngung des genommenen Probenmaterials muß derart erfolgen, daß keine Entmischungen nach Korngrößen auftreten.
- 6.52 Bis zu einer Korngröße von 0,25 mm wird bei der Viertelung des Probematerials von folgender Beziehung zwischen Korngröße und Probenendgewicht ausgegangen:
- $$Q = K \cdot d^2$$
- wobei Q = das Endgewicht der zu viertelnden Probe ist (in kg),  
K = ein Koeffizient, der die Art der Mineralverteilung berücksichtigt,  
d = der Durchmesser des größten Kornes (in mm).
- 6.53 Der Koeffizient K wird bis auf weiteres nach folgender Tabelle bestimmt:

Art der Mineralführung	Wert des Koeffizienten K
Sehr gleichmäßig und gleichmäßig .....	0,05
Ungleichmäßig .....	0,10
Sehr ungleichmäßig .....	0,20 bis 0,40
Außerst ungleichmäßig .....	0,8 bis 1,0

- 6.541 Zwischen der Probeneinwaage (G) und der Korngröße (d) bestehen folgende von J. MIKA festgestellte Beziehungen<sup>9)</sup>:

$$G \geq \frac{K \cdot s_1 \cdot d^3 \cdot (a_1 - \gamma a_2)^2}{\epsilon_p^2}$$

oder

$$d \leq \sqrt[3]{\frac{G \cdot \epsilon_p^2}{K \cdot s_1 \cdot (a_1 - \gamma a_2)^2}}$$

Hier bedeuten:

- $s_1$  — spez. Gewicht der leichteren Teilchenart  $A_1$ ,  
 $s_2$  — spez. Gewicht der schwereren Teilchenart  $A_2$ ,  
 $a_1$  — bzw.  $a_2$  in % die entsprechende Quantität des in den  $A_1$ - bzw.  $A_2$ -Teilchen zu bestimmenden Stoffes,  
 $\epsilon_p$  — der zulässige Fehler in absoluten % bei der Probenahme;

$$K = \frac{4\pi}{3} \cdot \frac{\gamma^2}{2\gamma - 1}$$

$$\gamma = \frac{s_2}{s_1} > \frac{1}{2}$$

so daß also die Werte von K aus folgender Tabelle abzulesen sind:

$\gamma$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
K	4,2	5,6	7,5	9,5	11,6	13,7	15,8	17,9	20,0	21,8

- 6.542 Diese Beziehungen auf das Beispiel eines Sylvinites (bestehend aus Sylvinit und Steinsalz) angewandt:

Es ist:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Sylvinit } A_1 \text{ mit } s_1 = 1,99 \\ \text{Steinsalz } A_2 \text{ mit } s_2 = 2,17 \end{array} \right\} \frac{s_2}{s_1} = \gamma = 1,1$$

demnach  $K = 4,2$   
 $a_1 = 63,17\% \text{ K}_2\text{O}; a_2 = 0$

Ist der mittlere Durchmesser der Sylvinitteilchen (= Korngrößen der einzelnen Mineralien)  $d = 0,05$  cm und will man einen Fehler von  $\epsilon_p = 1\% \text{ K}_2\text{O}$  zulassen, so ergibt sich eine Einwaage von

$$G \geq \frac{4,2 \cdot 1,99 \cdot 0,05^3 \cdot (63,17)^2}{1} \sim 4,2 \text{ g}$$

Will man hingegen von einer größeren Probenmenge G, etwa 100 g, ausgehen, wie vielleicht eine spezielle analytische Methode erfordert, so ist — unter sonst gleichen Bedingungen — vorher zu zerkleinern auf

$$d \leq \sqrt[3]{\frac{100}{4,2 \cdot 1,99 \cdot (63,17)^2}} \sim 0,14 \text{ cm}$$

## 6.6 Die Probenanalyse

- 6.61 Carnallitproben und solche anderer hygroskopischer Salzgesteine müssen bei der Probenahme in luftdicht verschließbaren Behältern gesammelt, aufbewahrt und zur Analyse weitergegeben werden, wenn ihre Analyse nicht sofort unter Schachtverhältnissen erfolgt.

- 6.62 Es werden Teil- und Vollanalysen unterschieden. Die erste beschränkt sich häufig nur auf die Bestimmung von  $\text{K}_2\text{O}$ .

- 6.621 Die chemische Vollanalyse erfolgt auf K, Mg, Ca,  $\text{SO}_3$ , Cl,  $\text{H}_2\text{O}$  und auf unlösliche Beimengungen. Der Gehalt von Na wird rechnerisch bestimmt.

- 6.622 Außer diesen Elementen und chemischen Verbindungen ist nach Bedarf in Kaliproben noch der Gehalt an Brom und Bor, in Einzelfällen auch von Jod und anderen wertvollen Bestandteilen zu bestimmen.

- 6.623 In Steinsalzproben erfolgt die Analyse auf Ca, Mg,  $\text{SO}_3$ , Cl und  $\text{H}_2\text{O}$  sowie auf unlösliche Beimengungen. Der Gehalt von Na wird rechnerisch bestimmt.

- 6.624 Teilanalysen sind nur in erforschten Lagerstätten zulässig und können im allgemeinen Vorratsberechnungen neuerkundeter Lagerstätten nicht zugrunde gelegt werden.

- 6.63 Die Richtigkeit der chemischen Analyse muß durch Kontrollproben geprüft werden.

## 6.7 Hydrogeologische Untersuchungen

- 6.71 Die hydrogeologischen Arbeiten sind während der geologischen Erkundung mit Hilfe von OT-Bohrungen und geophysikalischen Methoden durchzuführen und im allgemeinen auf die Wasserführung des Deckgebirges zu beschränken.

<sup>9)</sup> J. MIKA: „Theoretische Beiträge zur Probenahme.“ — Z. analyt. Chemie, Bd. 73, S. 257 (1923). Zitiert nach Analyse der Metalle, Bd. 3, S. 83ff.



- 6.72 Dabei sind festzustellen:
- a) die Anzahl der wasserführenden Horizonte, ihr lithologischer Charakter, Lagerung, Verbreitung, Mächtigkeit usw.;
  - b) das hydrostatische Niveau jedes Horizontes;
  - c) Speisung und Einzugsgebiet der wasserführenden Schichten;
  - d) Chemismus der Wässer;
  - e) Lage des Salzspiegels oder -hanges oder Tiefe der Auslaugungssenke.

#### 6.8 Berechnungseinheit der Vorräte

- 6.81 Die Vorratsberechnung erfolgt in Tonnen des Rohsalzes, getrennt nach Rohstoffsorten. Außerdem ist in Tonnen die Vorratsmenge an  $K_2O$  anzugeben.
- 6.82 Die Berechnung erfolgt — bei Vorhandensein mehrerer Flöze — gesondert für jedes Flöz.
- 6.83 Es ist in Prozentzahlen die Höhe der projektierten Abbauverluste anzugeben, die bei dem zur Anwendung gelangenden Abbausystem zu erwarten sind.

### 7. Die Einstufung der Vorräte in die Vorratsklassen

Bei der Einstufung der Vorräte in die Vorratsklassen wird von der „Klassifikation der Lagerstättenvorräte fester mineralischer Rohstoffe“ ausgegangen. Ihre Bestimmungen werden auf Salzlagerstätten folgendermaßen angewendet:

- 7.1 Zur Klasse  $A_1$  gehören Vorräte, wenn sie vollständig erkundet und erforscht sind. Darunter wird u. a. verstanden:
- 7.11 Ihre Begrenzung durch bergmännische Arbeiten an nicht weniger als vier Seiten.
- 7.12 Innerhalb jedes Vorratsblockes müssen die fazielle Ausbildung des Kalilagers, die vorhandenen Rohstoffsorten und ihre räumliche Verteilung bekannt sein.
- 7.13 Die Blöcke müssen zum Abbau vorgerichtet sein bzw. es müssen alle notwendigen bergmännischen Maßnahmen für einen Abbau durchgeführt worden sein.
- 7.14 Diese Forderungen — besonders 7.12 — sind gegenwärtig vor dem Abbau ebensowenig wie bei der Erkundung für größere Vorratsmengen zu erfüllen. Daher werden aus praktischen Erwägungen Vorräte der Klasse  $A_1$  in Salzlagerstätten nicht berechnet bzw. nicht gesondert geführt.
- 7.2 Zur Klasse  $A_2$  gehören Vorräte, wenn sie eingehend erkundet und erforscht wurden. Darunter wird u. a. verstanden:
- 7.21 Sie müssen durch bergmännische Arbeiten an mindestens drei Seiten begrenzt sein.
- 7.22 Für jeden Vorratsblock muß die Lagerung und die fazielle Ausbildung so bekannt sein, daß der Abbau durchgeführt werden kann.
- 7.23 Im einzelnen werden folgende Bestimmungen festgelegt:
- 7.31 Die Berechnungsblöcke dürfen in ihrer flächenmäßigen Erstreckung etwa  $250 \times 300$  Meter nicht übersteigen.
- 7.32 Die Stöße der bergmännischen Baue müssen nach den Festlegungen dieser Instruktion (6.32ff.) bemustert sein.
- 7.24 Die Stöße der den Block begrenzenden bergmännischen Baue müssen im Maßstab nicht kleiner als 1 : 500 aufgenommen worden sein. In die Stoßaufnahmen sind die Schlitzproben mit Analysenangaben einzuzichnen.
- 7.25 Die Lagerungsverhältnisse der zu berechnenden Kalilager, die Verbreitung schädlicher Beimengungen in ihnen, die Kaliumgehalte usw. müssen nötigenfalls durch Profile und Diagramme illustriert sein.
- 7.26 Die Vorratsberechnung muß gesondert für jede Rohstoffsorte erfolgen. Die Pläne und Schnitte für die Berechnung dürfen den Maßstab 1 : 5000 nicht überschreiten.
- 7.27 Zur Klasse  $A_2$  können Vorräte *nicht* gerechnet werden, wenn die vorliegenden Grubenaufschlüsse infolge stark wechselnder fazieller Verhältnisse zu einer sicheren Beurteilung des umgrenzten Blockes nicht ausreichen. In diesem Falle werden sie trotz Erfüllung aller gestellten Forderungen als Vorräte der Klasse B geführt.
- 7.3 Zur Klasse B gehören Vorräte, wenn sie hinreichend erkundet sind. Darunter wird u. a. verstanden:
- 7.31 Die Struktur der Lagerstätte und ihre Stratigraphie ist in den wesentlichen Zügen festgestellt.
- 7.32 Die allgemeinen bergtechnischen Verhältnisse für Aufschluß und Abbau sind ausreichend geklärt.
- 7.33 In Feldesteilen, die mit Hilfe bergmännischer Arbeiten erkundet wurden, können diejenigen Abbaublöcke zur Klasse B gerechnet werden, die an zwei Seiten umfahren sind, sofern ihre Ausmaße etwa  $250 \times 300$  m nicht übersteigen.
- 7.34 Die fazielle Ausbildung des Kalilagers muß innerhalb des Blockes in allgemeinen Umrissen bekannt sein.
- 7.35 Wenn bei den bergmännischen Auffahrungen Vertaubungszonen angefahren wurden, wird auf Grund der gemachten Feststellungen unter Berücksichtigung der allgemeinen geologischen Verhältnisse der Lagerstätte ein Vertaubungskoeffizient errechnet, der bei der Bestimmung der endgültigen Vorratssumme des Blockes wirksam wird. Zur Berechnung des Koeffizienten und der Blöcke werden die bekannten Methoden angewandt.
- 7.36 Vorräte der Klasse B sind getrennt für Carnallit und Hartsalz anzugeben.
- 7.37 Die Dokumentation der Strecken und anderen bergmännischen Baue, die Probenahme und die chemische Analyse müssen wie für Klasse  $A_2$  durchgeführt worden sein.
- 7.38 Die Vorratsberechnung erfolgt auf Plänen und Schnitten im Maßstab nicht kleiner als 1 : 10 000.
- 7.39 Vorratsblöcke können *nicht* zur Klasse B gerechnet werden, wenn die vorliegenden Grubenaufschlüsse infolge stark wechselnder fazieller Verhältnisse zu einer sicheren Beurteilung des umgrenzten Blockes nicht ausreichen; sie werden in diesem Falle trotz Erfüllung aller gestellten Forderungen als Vorräte der Klasse  $C_1$  geführt.
- 7.4 Zur Klasse  $C_1$  gehören Vorräte, die
- a) entweder nur durch Bohrungen festgestellt wurden oder
  - b) durch vereinzelte bergmännische Baue, oder
  - c) durch ihre Kombination mit Bohrungen und schließlich
  - d) durch Extrapolation im Anschluß an die Blöcke der Klassen  $A_1$ ,  $A_2$  und B.
- Im einzelnen wird folgendes bestimmt:
- 7.41 Vorräte können nicht durch einzelne Bohrungen (etwaige Bildung eines Schlagkreises um eine Bohrung u. ä.) festgestellt werden. Zur Vorratsfeststellung sind mindestens drei nicht auf einer Linie liegende Bohrungen bzw. andere punktförmige Aufschlüsse notwendig. Der Abstand zwischen den OT-Bohrungen darf bei allen Lagerstätten 800 m nicht überschreiten.
- 7.42 Bei vereinzelten bergmännischen Bauten ist eine seitliche Extrapolation um 250 m zulässig.
- 7.43 Im Anschluß an nicht extrapolierte Vorratsblöcke höherer Klassen ist die Extrapolation um 250 m zulässig.
- 7.44 Die Beurteilung dieser Blöcke (Mächtigkeit, Gehalte usw.) stützt sich — ebenso wie die mengenmäßige Bestimmung — auf die vorliegenden Ergebnisse aus diesen Blöcken, auf die Untersuchungsergebnisse in benachbarten Blöcken und den Charakter der gesamten Lagerstätte.
- 7.45 Wenn bei den bergmännischen Auffahrungen Vertaubungszonen angefahren wurden, wird auf Grund der gemachten Feststellungen unter Berücksichtigung der allgemeinen geologischen Verhältnisse der Lagerstätte ein linearer Vertaubungskoeffizient errechnet, der bei der Bestimmung der endgültigen Vorratssumme des Blockes wirksam wird. Zur Berechnung des Koeffizienten und der Blöcke werden die bekannten Methoden angewandt.
- 7.46 Die Struktur und der geologische Bau der Lagerstätte müssen in allgemeinen Zügen festgestellt und auf geologischen Karten, Profilen und Rissen dargestellt sein.
- 7.47 Die Qualität des Rohstoffes, die einzelnen Rohstoffsorten und die Technologie der Verarbeitung der Salze sind zunächst auf Grund weniger Aufschlüsse bestimmt worden.



## 1. Kali-Instruktion der ZVK

- 7.48 Die allgemeinen bergmännischen Bedingungen für den Abbau ebenso wie die allgemeinen hydrogeologischen Verhältnisse sind in den Grundzügen für die Lagerstätte als Ganzes festgestellt.
- 7.49 Die Vorratsberechnung erfolgt bei gleichmäßigen, gut übersehbaren Faziesverhältnissen einzeln für die Rohstoffsorten Hartsalz und Carnallit, anderenfalls summarisch unter der Bezeichnung „Kalisalze“, jedoch unbedingt in allen Fällen getrennt für jedes Flöz auf Rissen im Maßstab nicht kleiner als 1 : 10 000.
- 7.5 Zur Klasse  $C_2$  gehören Vorräte, die
- 7.51 entweder auf Grund einzelner Bohrungen oder bergmännischer Baue festgestellt wurden oder
- 7.52 durch Extrapolation im Anschluß an nichtextrapolierte Vorratsblöcke bis zur Markscheidegrenze berechnet werden, unter Berücksichtigung eines Vertaubungskoeffizienten, der für die Lagerstätte und bzw. aus Bohrungen festgestellt wurde;
- 7.53 durch das Fehlen einer Voraussetzung nicht in die höheren Vorratsklassen eingestuft werden können.
- 7.54 Die geologischen Verhältnisse der zu berechnenden Lagerstättenteile sind durch einzelne Bohrungen, benachbarte Grubenaufschlüsse, geophysikalische Untersuchungen in allgemeinen Zügen festgestellt.
- 7.55 Vorräte dieser Klasse müssen zumindest in einzelnen Punkten bemustert sein, wenn sie nicht im Anschluß an erkundete Blöcke durch Extrapolation bestimmt wurden.
- 7.56 Die Berechnung der Vorräte der Klasse  $C_2$  erfolgt summarisch ohne Einteilung in Rohstoffsorten unter der Bezeichnung „Kalisalze“. Sie kann auf der markscheiderischen Grundlage eines beliebigen Maßstabes (z. B. 1 : 25 000) durchgeführt werden. Zur Begründung der geologischen Annahme über die Verbreitung dieser Vorräte sind Risse und Profile als Illustrationen erwünscht.
8. Diese Instruktion tritt mit dem 1. Januar 1957 in Kraft.

Berlin, den 5. Dezember 1956

ZENTRALE VORRATSKOMMISSION  
FÜR MINERALISCHE ROHSTOFFE DER DDR

Der Vorsitzende  
Stammberger

## Anhang

Tabelle 1 Zur Zeit werden folgende Kalierzeugnisse gehandelt:

Warennummer	Bezeichnung	Gehalte	
21 51 13 00	Kainit	12—16% $K_2O$	Kaliohsalze zur Verwendung in der Landwirtschaft
21 51 15 00	Hedrich-Kainit	12—16% $K_2O$	
21 51 17 00	Sylvinit-Kainit	16,1—20% $K_2O$	
21 51 21 00	Kalidüngesalze (Chlorkalium <sup>2</sup> )	28—32% $K_2O$	Fabrikalisalze zur Verwendung in der Landwirtschaft zur Weiterverarbeitung in der Industrie und für den Export
21 51 23 00	Kalidüngesalze (Chlorkalium)	38—42% $K_2O$	
21 51 25 00*)	Kalidüngesalze (Chlorkalium)	48—52% $K_2O$	
21 51 30 00	Emgekali	33—37% $K_2O$ 14—16% $MgSO_4$	Fabrikalisalze zur Weiterverarbeitung in der Industrie und für den Export
21 51 51 00**)	Schwefelsaures Kali	48—52% $K_2O$	
21 51 57 00	Reformkali	26—30% $K_2O$ 26% $MgSO_4$ chlorarm	
	Chlorkalium	50—54% $K_2O$	Fabrikalisalze zur Weiterverarbeitung in der Industrie und für den Export
21 51 41 00	Chlorkalium	54,1—57% $K_2O$	
	Chlorkalium	57,1—60% $K_2O$	
21 51 43 00	Chlorkalium	60,01—61% $K_2O$	
21 51 45 00	Chlorkalium	61,01—62% $K_2O$	

\*) Unter der gleichen Warennummer wird ein Exportfabrikat Chlorkalium mit garantierten 40%  $K_2O$  gehandelt.

\*\*) Bei einem Höchstgehalt an Chlor von 2,5% auch als Rohstoff für die Industrie.

Tabelle 2

Von den Nebenprodukten des Kalibergbaues und Kaliabfabrikrückständen sowie Nebenprodukten und Abfällen des Salzbergbaus werden in der DDR gehandelt:

Warennummer	Bezeichnung	Gehalte	
21 51 11 00	Carnallit		etwa 72% $MgSO_4$
21 51 91 00	Kieserit		
21 51 93 00	Borazit		
41 13 40 00	Natriumsulfid (Schwefelnatrium)	60—62% NaS	
41 16 33 00	Natriumsulfat (Glaubersalz) kalziniert	96—98% $Na_2SO_4$	
41 35 41 00	Natriumcyanat	98% NaCNO	
41 63 15 00	Magnesiumchlorid (Chlormagnesium)	technisch rein	
41 63 17 00	Magnesiumsulfat kalziniert	96—98% $MgSO_4$	
41 63 18 00	Magnesiumsulfat (Bittersalz)	technisch rein	
41 71 21 00	Brom	mit max. 0,8% Cl	
41 71 24 00	Kaliumbromid (Bromkalium)	KBr	
41 34 34 00	Kaliammonsalpeter	14,5—15,5% N 28—32% $K_2O$ 10% N, 7% $P_2O_5$ 20% $K_2O$	
41 79 10 00	Volldünger „Glückauf“		

Tabelle 3

Die in der DDR handelsüblichen Steinsalzprodukte sind folgende:

Warennummer	Bezeichnung	Gehalte	
21 56 41 00	Stein-Speisesalz		In verschiedener Mahlung, als Siedesalz in verschiedener Körnung
21 56 51 30	Stein-Pökelsalz (nitriert)		
21 56 51 10*)	Stein-Industriesalz A		
	Stein-Industriesalz B		
21 56 61 00	Stein-Viehsalz	vergällt mit 1/4% Eisenoxyd	
21 56 43 00	Siede-Speisesalz		
21 56 44 00	Siede-Speisesalz (jodiert)		
21 56 53 30	Siede-Pökelsalz (nitriert)		
21 56 53 20**)	Siede-Industriesalz A		
	Siede-Industriesalz B		
21 56 63 00	Siede-Viehsalz	vergällt mit 1/4% Eisenoxyd	

\*) Lieferbar bei garantierten max. 0,5%  $SO_3$  oder max. 0,02  $MgO$ . Lieferbar bei Vergällungen mit festgesetzten Prozenten Kalz. Soda, Mineralöl u. a.

\*\*) Vergällt lieferbar (wie oben).

Tabelle 4

 $K_2O$ -Gehalte

Reines Kali-mineral	Carnallit $KMgCl_3 \cdot 6 H_2O$	Kainit $KClMgSO_4 \cdot 3 H_2O$	Langbeinit $K_2Mg_2(SO_4)_3$	Polyhalit $K_2MgCa_2(SO_4)_4 \cdot 2 H_2O$	Sylvin KCl
$K_2O$ -Gehalt Gew.-%	16,95	18,91	22,69	15,61	63,17



## Lesesteine

### Im Jahre 2050

Die technologische Fakultät der Universität von Kalifornien zu Berkeley hatte von den größten Konzernen der USA reichliche Mittel erhalten, um einen Bericht über die Technologie, die voraussichtlich in etwa 100 Jahren das gesellschaftliche Leben beherrschen wird, auszuarbeiten. Nach diesem sogenannten „California-Report“ wird die Erde dann von 6,7 Milliarden Menschen besiedelt sein. Die Industrialisierung wird sich bis dahin über alle Kontinente gleichmäßig ausgebreitet haben, und zwar wird sich der Industrialisierungsprozeß in erheblich schnellerem Tempo vollziehen als heute in Europa und in den USA. Der Pro-Kopf-Bedarf an Stahl, der zur Zeit in den USA 8 t beträgt, wird in 100 Jahren auf etwa 100 t angestiegen sein. Durch hochentwickelte technische Prozesse werden in immer größerem Ausmaß Rohstoffe mit niedrigen Gehalten Verwendung finden. Schließlich wird man sich auf die Auswertung von Luft, Seewasser, gewöhnlichen Gesteinen und Sonnenlicht konzentrieren.

Nach den Annahmen des Geochemikers HARRISON BROWN wird sich im Jahr 2050 die Energiegewinnung folgendermaßen verteilen: die Hälfte der Energie wird aus nuklearen Quellen, ein Viertel aus der Sonnenenergie und das letzte Viertel aus Gesteinen, synthetischen flüssigen Brennstoffen, Wasserkraft und Holz gewonnen werden. Die Gesteine verarbeitenden Fabriken werden auf der Basis des im Gestein enthaltenen radioaktiven Materials arbeiten und einen stetigen großen Ausstoß von Metallen und Chemikalien haben. In der Weltwirtschaft und Weltpolitik werden damit viele Erz- und Mineralagerstätten bedeutungslos geworden sein. Das Schlüsselpunkt für die Technik des Jahres 2050 wird darin gesehen, daß das hochqualifizierte Spitzenpersonal, also die Forscher, Ingenieure und Wissenschaftler, teilweise fehlen wird.

Zum Schluß wird in dem „California-Report“ darauf hingewiesen, daß diese industrielle Entwicklung die Gefahr einer „Weltkatastrophe“ heraufbeschwören könnte. Der Bericht endet deshalb mit einer Mahnung zur Erhaltung des Weltfriedens; denn „wir nähern uns jetzt einem solchen Punkt, von dem aus es keine Rückkehr mehr gibt“.

### Goldrausch am Mont Blanc

Am Col de Passon haben „Pendler“ und „Erdstrahlenkundige“ festgestellt, daß es vor dem Grat zwischen dem Argentières-Gletscher und dem Tour-Gletscher „Gold geben muß“. Einige kleinere Goldfunde verwandelten den kleinen französischen Kurort Argentières im Chamonixtal am Fuße des Mont Blanc für einige Wochen in ein vom Goldrausch erfaßtes Städtchen.

Es ist bekannt, daß im Val Ferret die den Quarzporphyren des Mont-Blanc-Massivs anliegenden jurassischen Schichten Linsen von Pyrit und sekundärem Brauneisen enthalten. Das benachbarte goldhaltige Arsenkiesvorkommen auf Schweizer Gebiet, das oberhalb von Salanf am Nordfluß der Dents du Midi im Wallis liegt, tritt in einer SW-NO streichenden Schicht von mineralisiertem, kristallinen Kalk in Gneisen auf. Die Marmorlinse wird von Silikatmarmoren und skarnartigen Kalksilikatfelsen begleitet. Das Erz der Lagerstätte, die von dem Referenten vor Jahrzehnten einmal untersucht wurde, besteht aus Leukopyrit ( $\text{Fe}_2(\text{AsS})_3$ ) und Löllingit ( $\text{Fe As}_2$ ). Es enthält 45% As und etwa 35 g Au pro Tonne. Die Vorräte sind jedoch so gering, daß ein Abbau dieser Lagerstätte nicht lohnend ist. Auch sonst findet man in der weiteren Umgebung des Mont-Blanc-Massivs hier und da gering vererzte Marmorlinsen, die jedoch lediglich mineralogisches Interesse besitzen und nicht Basis einer Edelmetallförderung sein können. g. c.

### Ölflieber im Lande der Navajos

In der Vierländerecke von Utah, Arizona, Colorado und New Mexico erwartet man eines der größten Ölbecken im Westen der Vereinigten Staaten. Das Gebiet gehört dem 78 000 Personen zählenden Stamm der Navajo-Indianer, einem der ärmsten Indianerstämme mit einem Pro-Kopf-Jahreseinkommen von 420 Dollar. Spekulant und Ölkonzerne haben innerhalb weniger Wochen ungefähr 500 000 acres Land (1 acre etwa 40,5 a) für rund 35 Mill. Dollar von den Indianern gekauft, die damit pro Kopf etwa 450 Dollar erhalten haben.



### Neue geographische Erkenntnisse

„Kundendienst in der ganzen Welt!“ Unter diesem Motto teilt die Faßbender, Siepmann & Co., G.m.b.H., Düsseldorf, den Lesern einiger Fachzeitschriften mit, daß sie 20 000 Maschinen in mehr als 100 Ländern abgesetzt habe.

Wir bringen einen Ausschnitt aus der zu Reklamezwecken im Prospekt veröffentlichten Weltkarte. Sie vermittelt einige völlig neue geographische Erkenntnisse, die besonders für die Bevölkerung von Helsingfors, Düsseldorf, Calcutta, Bombay, Kairo, Melbourne, Sydney und anderen Städten wichtig sein dürften.

### Die 1,5 Millionen des Herrn von GRÄVE

In Hamburg ist eine Studie des Juristen Dr. H. WENDTE „Die Erdstrahlengefahr“ erschienen, die sich besonders an die Juristen wendet und gegen das Geschwätz von „krebsfördernden und schlafstörenden Reizstreifen“ Stellung nimmt. Unter anderem wird dem bekannten Rutengänger v. GRÄVE mit exakten Zahlenangaben nachgewiesen, daß er durch falsche „Erddiagnosen“ bisher einen Schaden von 1½ Mill. Mark angerichtet hat. Der Verfasser wendet sich ganz energisch gegen den Wünschelrutenspuk und empfiehlt, den faulen Zauber um Wünschelrute, Pendel, Wahrsagen, Hellsehen und Erdstrahlen als Betrugsmanöver zu ahnden.

Bemerkenswert ist, daß sich in der Bundesrepublik besonders die Juristen mit dem Kampf gegen die Wünschelrute befassen. Erst kürzlich war von Dr. O. PROKOP, der als Sachverständiger der Staatsanwaltschaften wirkt, das Buch „Wünschelrute, Erdstrahlen und Wissenschaft“ erschienen.

### Edelsteinfunde

Der südafrikanische Rechtsanwalt P. KEMP, der sich nebenberuflich als „Gentleman-Digger“ („Sonntags-Prospektor“) betätigt, fand in Tzaneen (Nordtransvaal) einen Riesensmaragd, der angeblich auf 24 000 Karat (!!) geschätzt worden sein soll. Der Wert des Steins soll einige hunderttausend Mark betragen und soll von deutschen Edelstein-schleifern bearbeitet werden.

An der Nordwestküste des Kaplandes sind infolge angeblicher neuer Diamantfunde die Bodenpreise sprunghaft gestiegen.



In den nordostsibirischen Diamantenfeldern bei Jakutsk wurde vor kurzem ein Diamant von 32 Karat gefunden. Es ist der größte Diamant, der bisher in diesem neuen Gebiet gefunden wurde, nachdem bereits mehrere Steine von je etwa 15 Karat gefunden worden waren.

### Bergbau vor 3000 Jahren

In den österreichischen Zentralalpen ist man bei der Suche nach Uran neuerdings auf alte Bergwerksbetriebe gestoßen, die in großer Höhe liegen. Es konnte ein interessantes Lebensbild der hochalpinen Bergleute der Urzeit konstruiert werden. Die verschütteten Stollen und Haldenanlagen gehen bis in den Anfang der Bronzezeit zurück. Die Grauwackenzone zwischen den Tauern und den nördlichen Kalkalpen muß in dem Raum von Radstatt bis zum Zillertal vor 3000 Jahren

das Zentrum des Bergbaus gewesen sein. Die alten Bergleute bauten Kupfererze ab, die dann zur Verhüttung talabwärts gebracht wurden. Auf dem Einöd- und dem Mitterberg bei Bischofshofen und der Kelchhalpe bei Kitzbühel wurden in 1800 m Höhe Gruben, Schmelzstätten und Scheidehalden aufgefunden. Die für den täglichen Gebrauch nötigen Gegenstände wurden von den Bergleuten aus Holz und Keramik hergestellt. Milcheimer, Schaufeln, Kochlöffel, Keile, Arbeits- und Küchengeräte aller Art konnten gut erhalten in bedeutenden Mengen geborgen werden. Rundstäbchen und Rundhölzer, deren seltsame Einkerbungen und Zeichen starke Ähnlichkeit mit dem nordetruskischen Alphabet aufweisen, das 700–600 Jahre vor unserer Zeitrechnung entstanden ist, konnten als älteste europäische Schriftzeichen sichergestellt werden. Die Bergleute dürften zum Volk der Illyrer gehört haben.

## Buchbesprechungen

BATEMAN, ALAN M.

### Economic Geology

(Übersicht über die Entwicklung der amerikanischen Zeitschrift „Economic Geology“ in den Jahren 1905–1955)

Festband von Economic Geology: Fiftieth Anniversary Volume. Lancaster, 1955, S. 1–37

In der von ALAN M. BATEMAN verfaßten Übersicht über die Entwicklung von Economic Geology in den Jahren 1905–1955 spiegelt sich ein bedeutungsvoller Abschnitt der modernen Lagerstättenkunde wider. Obwohl natürlich im wesentlichen die Fortschritte dieser Wissenschaft aufgezeigt werden, wie sie sich im amerikanischen Bereich ergeben haben, lassen sich doch immer wieder die Parallelen zu der deutschen bzw. europäischen Entwicklung erkennen. Daß im allgemeinen wichtige Fortschritte von Amerika ausgingen, ist im wesentlichen durch den Umstand zu erklären, daß der amerikanische Erzbergbau zu Beginn des 20. Jahrhunderts eine überragende Bedeutung in der Welt hatte und der wissenschaftlichen Forschung die entsprechende Unterstützung gewährt wurde.

Es ist für den Lagerstättenkundler von großem Interesse, zu verfolgen, wie eng die Verbindung der Lagerstättenforscher der ganzen Welt gewesen ist. Namen tauchen auf, die auch heute noch mit wichtigen Fortschritten in der Lagerstättenlehre verbunden sind.

Der Verfasser des Aufsatzes, ALAN M. BATEMAN, ist seit 1919 Chefredakteur (Editor) der Zeitschrift „Economic Geology“ und hat demnach einen bedeutenden Teil des referierten Zeitabschnitts an einflußreicher Stelle miterlebt. Er ist gleichfalls als Verfasser der Lehrbücher „Economic Mineral Deposits“, 2. Aufl., 1950 und „The Formation of Mineral Deposits“, 1951, New York, London, bekannt sowie als Professor für Geologie an der Yale-Universität in New Haven, Connecticut.

BATEMAN führt den Leser in die Zeit um die Jahrhundertwende zurück, als der Norweger J. H. L. VOGT in einem wertvollen Aufsatz über intrusive Lagerstätten wieder einmal die Aufmerksamkeit auf früher von ÉLIE de BEAUMONT geäußerte Ideen über die Rolle heißer mineralisierter Wässer gelenkt hatte. Dann kam der klassische Vortrag von FRANZ POSEPNY über die Genesis der Erzlagerstätten, der 1893 in Chicago im American Institute of Mining Engineers gehalten wurde und einen tiefen Eindruck bei den amerikanischen Fachleuten hinterließ. Er regte eine heftige Diskussion an über die Bedeutung einerseits erwärmter vadoser Wässer und andererseits heißer juveniler Wässer für die Bildung von Erzlagerstätten, an der sich in den Jahren 1901 bis 1903 S. F. EMMONS, VAN HISE, J. F. KEMP, WALDEMAR LINDGREN und W. H. WEED beteiligten. Im Jahre 1901 machten S. F. EMMONS, VAN HISE und W. H. WEED auf die überraschende Tatsache aufmerksam, daß bei Sulfidlagerstätten sekundäre Teufenzonen mit bedeutenden Metallanreicherungen (secondary sulfide enrichment) vorkommen. Diese Arbeiten und die Diskussionen wurden in dem vom American Institute of Mining Engineers herausgegebenen Posepny-Band über die Entstehung von Erzlagerstätten zusammengefaßt.

Bei der Fülle neuer Gedanken über die Lagerstättenbildung machte sich das Fehlen einer Zeitschrift für angewandte Geologie in englischer Sprache bemerkbar. Nach inoffiziellen Besprechungen im Jahre 1904 wurde am 16. Mai 1905 eine 1. Sitzung in das Gebäude des Geological Survey in Washington einberufen, um eine Organisation zu schaffen, die eine

Zeitschrift für Wirtschafts-Geologie (economic geology) herausgeben sollte. Ursprünglich sollte die Zeitschrift „The Journal of Applied Geology“ (Zeitschrift für Angewandte Geologie) heißen, wurde dann aber in „Economic Geology“ umgewandelt, die achtmal jährlich erscheinen sollte.

Damit war der erste Schritt zu der Zeitschrift getan, die nun ihr 50jähriges Bestehen feiern konnte. Es bedurfte noch zahlreicher Sitzungen, um alle Organisationsfragen zu erledigen. Es wurde auch beschlossen, daß geeignete Personen eingeladen werden sollten, als Gründungsmitglieder Aktien für die Economic Geology Publishing Company zu zeichnen. Das Aktienkapital von \$ 2000 war in 80 Anteile aufgeteilt. Die Gründungsmitglieder erhielten entsprechende Anteilscheine, die, wie sich F. L. RANSOME ausdrückte, „als finanzielles Opfer auf dem Altar der Wissenschaft“ zu bezeichnen waren, denn eine Dividende war nach Lage der Dinge nicht zu erwarten und ist auch niemals ausgezahlt worden.

Es ist interessant, daß in dem ersten Rundschreiben, das für die Werbung versandt wurde, die neue Zeitschrift in ihrem künftigen Arbeitsgebiet mit der deutschen „Zeitschrift für Praktische Geologie“ verglichen wurde.

Als erster Präsident der Economic Geology Publishing Company wurde J. E. SPURR gewählt; F. L. RANSOME wurde Sekretär, GEORGE OTIS SMITH Schatzmeister und J. D. IRVING Chefredakteur. In das Redaktionskollegium wurden berufen: WALDEMAR LINDGREN, JAMES FURNAM KEMP, MARIUS R. CAMPBELL, HEINRICH RIES, HORACE V. WINCHELL und FREDERICK L. RANSOME. Später wurden noch berufen: CHARLES KENNETH LEITH, FRANK D. ADAMS aus Montreal und J. W. GREGORY aus Glasgow. Als kaufmännischer Leiter wirkte bis zu seinem Tode im Jahre 1943 W. S. BAXLEY.

Bereits im ersten Jahr ging die Zeitschrift „The American Geologist“, die nur 300 Abonnenten hatte, in der „Economic Geology“ auf.

Nach dem ersten Jahr des Bestehens wurde WALDEMAR LINDGREN Direktor der Publishing Company und behielt diesen Posten bis zu seinem Tode. GEORGE H. ASHLEY wurde Schatzmeister bis 1910, dann folgte EDSON S. BASTIN. Der Chefredakteur JOHN IRVING hatte den Lehrstuhl für Angewandte Geologie an der Yale-Universität in New Haven, Connecticut, erhalten. Seitdem wird die Zeitschrift in diesem Institut redigiert. Das Redaktionskollegium bestand in den folgenden Jahren aus: FRANK ADAMS, GEORGE ASHLEY, FOSTER BAIN, RICHARD BECK aus Freiberg/Sachsen, MARIUS R. CAMPBELL, W. H. EMMONS, J. F. KEMP, A. C. LAWSON, C. K. LEITH, WILLET G. MILLER, F. L. RANSOME und H. V. WINCHELL.

Das Anfangskapital von \$2000 war sehr schnell aufgebraucht worden, da in den ersten Jahren die Zahl der Abonnenten nur gering war. Ein Versuch, durch Ausgabe weiterer 25 \$-Aktien genügend Kapital aufzubringen, schlug fehl und die finanzielle Lage war im Jahr 1917 sehr gespannt. In diesem Jahr wurde deshalb der Preis der Zeitschrift auf \$ 3,50 erhöht und die Yale-Universität, die bisher schon eine finanzielle Unterstützung gewährt hatte, erhöhte diese sehr wesentlich. Außerdem wurde das Format der Zeitschrift verkleinert und ein glattes Papier gewählt, wodurch sich geringere Kosten für die Illustrationen und den Versand ergaben. Seit dieser Zeit ist jährlich ein Profit erzielt worden, der selten weniger als \$ 1000



betrug. Durch eine vorsichtige Finanzpolitik der Leitung und großzügige Schenkungen waren die Rücklagen der Publishing Company 1954 auf \$ 187 000 angewachsen.

Nach dem Tod von JOHN DIER IRVING, der 1918 in Frankreich fiel, wurde ALAN M. BATEMAN zum Chefredakteur ernannt.

Als im Jahre 1920 die *Gesellschaft der Wirtschafts-Geologen* (*Society of Economic Geologists*) gegründet worden war, wurde eine Vereinbarung getroffen, wonach „Economic Geology“ gleichzeitig für die Veröffentlichungen dieser Gesellschaft dienen sollte. Die Mitglieder der Society of Economic Geologists erhalten die Zeitschrift zu einem Vorzugspreis. Sie machen etwa ein Viertel der Abonnenten der Zeitschrift aus und liefern rund ein Fünftel der veröffentlichten Aufsätze.

1928 wurde ein *Referierorgan für Wirtschaftsgeologie* (*Annotated bibliography of Economic Geology*) der Zeitschrift angegliedert, das zweimal jährlich erscheinen sollte. Es wurde von WALDEMAR LINDGREN bis zu dessen Tod redigiert und war ein großer Erfolg.

Daß „Economic Geology“ eine Zeitschrift von weltweiter Verbreitung ist, geht aus der Tatsache hervor, daß 1954 46% der Auflage in das Ausland versandt wurden, während es 1913 nur 34% waren. Hauptbezieher des Auslands war bis etwa 1930 Japan, bis seit etwa 1940 Kanada an die erste Stelle trat. Bemerkenswert ist, daß Rußland, das 1913 an 9. Stelle der ausländischen Bezieher stand, 1950 an 2. Stelle gerückt war. 1954 war die Reihenfolge: 1. Kanada, 2. Japan, 3. Sowjetunion, 4. Australien und England, 5. Deutschland, 6. Indien.

Daraus geht hervor, daß im wesentlichen die Länder zu den Hauptbeziehern gehören, die aus den Erfahrungen in der Wirtschaftsgeologie anderer Länder für die Entwicklung ihrer eigenen mineralischen Rohstoffe Nutzen ziehen wollen.

In der Zeitschrift „Economic Geology“ werden alle Aufsätze aufgenommen, sofern sie dem Standard der Zeitschrift entsprechen, fachgerecht und original sind. Es sind Autoren aus aller Welt vertreten. Es wird jedoch vermerkt, daß seit dem letzten Weltkrieg keine Beiträge aus den sogenannten „Ostblockstaaten“ eingegangen sind, trotzdem die Sowjetunion zu den stärksten ausländischen Beziehern gehört.

Es ist interessant, auf den 42 000 Seiten der 50 Bände der Zeitschrift die Entwicklung des Gedankenguts in der angewandten Geologie zu verfolgen. BATEMAN hat diese Entwicklung für einige spezielle Sachgebiete herausgeschält. Obwohl er sie nur als historische Zusammenstellungen bezeichnet, widerspiegeln sie doch die bedeutenden Fortschritte, die durch eine verfeinerte Beobachtung, zweckmäßige Versuche und neue Untersuchungsmethoden erzielt wurden. Die dabei angeführten Autoren gehören vielfach zu den Klassikern der Lagerstättenlehre.

In einem Anhang ist eine Liste der Direktoren und leitenden Mitarbeiter der Zeitschrift „Economic Geology“ in den Jahren 1905–55 beigelegt, die durch ihre selbstlose Arbeit den Erfolg dieser Zeitschrift begründeten. Es ist eine Liste von Männern, deren Namen in der angewandten Geologie einen guten Klang haben. Wir sind stolz, daß wir unter den Mitgliedern des Redaktionskollegiums dieser wertvollen Zeitschrift auch die Namen der deutschen Wissenschaftler RICHARD BECK, PAUL RAMDOHR und HANS SCHNEIDERHÖHN finden. REH.

F. BLONDEL & S. G. LASKY

#### Mineral Reserves and Mineral Resources

(Mineralreserven und Mineralvorräte). Im Auftrag und mit Zustimmung eines Ausschusses der Society of Economic Geologists. *Economic Geology*, H. 7, Bd. 51, Nov. 1956, S. 686–697

In einer Zeit, in der in den meisten Ländern Fragen der Vorratsklassifikation diskutiert werden, hat sich auch in den USA ein Ausschuß der Society of Economic Geologists mit grundsätzlichen Fragen der Erfassung von Mineralvorräten befaßt. Diesem Ausschuß gehörten an: F. BLONDEL (Paris, als Vorsitzender), F. AHLFELD (Südamerika), D. M. DAVIDSON (USA), K. C. DUNHAM (Großbritannien), J. L. FARRINGTON (Afrika), N. H. FISHER (Australien), J. R. GONZALES (Nordamerika), S. G. LASKY (USA) und M. B. RAMACHANDRA RAO (Asien). Als Ergebnis der Beratungen ist dieser Bericht über Mineralreserven und Mineralvorräte erschienen. Wie aus dem auszugsweisen Literaturverzeichnis hervorgeht, ist mit Ausnahme des Werkes von G. EINECKE im wesentlichen nur das englisch-amerikanische Schrifttum berück-

sichtigt worden. Offensichtlich fehlt jede Bezugnahme auf die umfangreiche sowjetische Literatur zu diesem Thema.

Der Bericht soll erstens die Begriffe reserves und resources festlegen und zweitens Regeln und Definitionen für die Schätzung von Reserven und Gesamtvorräten empfehlen.

Der Ausschuß hat ein sehr schwieriges Problem der Vorratschätzung in Angriff genommen. Mit Recht wird darauf aufmerksam gemacht, daß der Ausdruck Reserve vom Bergmann und vom Bergwirtschaftler in verschiedenem Sinn gebraucht wurde. Im Schätzungsbereich des Bergmanns machen die möglichen Reserven gewöhnlich das ½- bis 2- oder 3fache der sicheren + wahrscheinlichen Reserven aus, während der Bergwirtschaftler bei seinen Schätzungen der Vorräte größerer Gebiete zu möglichen Vorräten gelangt, die das mehr als Hundertfache der sicheren + wahrscheinlichen Reserven ausmachen können.

Bei den Schätzungen der Mineralvorräte größerer Gebiete, die gewöhnlich in measured, indicated und inferred ores eingeteilt werden, nimmt man für die relativ sicherste Klasse, die measured ores, eine Unsicherheit von  $\pm 20\%$  an. Die Unsicherheit ist natürlich für die geringere Klasse der indicated ores größer und noch größer für die Schätzung der inferred ores. Für den Gesamtvorrat, d. h. die Summe aller drei Klassen, nimmt man eine Unsicherheit von etwa  $\pm 50\%$  an. Für die Schätzung der Gesamtvorräte großer Gebiete kann die Unsicherheit noch größer sein. Das bedeutet nun nicht etwa, daß diese Schätzungen unbrauchbar wären. Der Benutzer muß sich nur dieser Unsicherheiten, die in der Natur der Sache liegen, bewußt sein.

Wenn man davon ausgeht, daß der Bergmann Reserven unter dem Gesichtspunkt veranschlagt, daß sie unter den gegenwärtigen Bedingungen bauwürdig sind, stellen diese Reserven nur einen Teil der resources (Gesamtvorräte) dar, wie sie der Bergwirtschaftler schätzt, der auch die Erze mit einbezieht, die noch unentdeckt sind und die infolge einer verbesserten Technik in der Zukunft bauwürdig werden können. Diese als potentiell bezeichneten Erze kann man auch noch als marginal, submarginal und latent unterteilen. Marginal resources (Grenzvorräte oder bedingt bauwürdige Vorräte) sind dabei solche, die an der Grenze der Bauwürdigkeit liegen und unter nur wenig günstigeren Bedingungen bauwürdig werden können. Als submarginal resources (Außerbilanzvorräte) werden solche bezeichnet, die bei noch günstigeren Bedingungen, die jedoch im Bereich der technischen Möglichkeiten liegen, bauwürdig werden können. Für den Rest der potentiellen Erze wird der Name latente (verborgene) Erze vorgeschlagen.

Es ergeben sich demnach die Beziehungen:

Resources	= reserves + potential ores
Gesamtvorräte	= Reserven + potentielle Erze
oder	
Resources	= reserves + marginal resources + submarginal resources + latent resources
Gesamtvorräte	= Reserven + Grenzvorräte + Außerbilanzvorräte + verborgene Vorräte.

Für die Klassifikation der Erzreserven wird die Annahme des Vorschlags von LEITH (1938) empfohlen:

Proved or assured ore. Sichere Erze. In drei Dimensionen durch Grubenbaue oder enge Bohrungen ausgeblockt. Ferner bei klaren geologischen Verhältnissen Extrapolationen in geringem Ausmaß.

Probable or semiproved ore. Wahrscheinliche Erze. Extrapolationen bis zu einer wahrscheinlichen Verbreitung des Erzes. Nachweis durch vereinzelte Bohrungen in weitem Abstand.

Possible ore. Mögliche Erze. Aus der geologischen Struktur oder der Lage zu angrenzenden Erzkörpern abgeleitete Vorräte. Vielfach ist es zweckmäßig, keine Zahlenangaben zu machen, sondern nur Ausdrücke wie gering oder bedeutend zu verwenden.

Diese Klassifikation entspricht im allgemeinen nur den Ansprüchen des Bergmanns. Darüber hinaus wird für den Volkswirtschaftler, der die Vorratslage eines ganzen Industriezweiges oder eines großen Gebietes oder einer Nation veranschlagen soll, eine andere Klassifikation benötigt. Die Zahlenangaben in dieser Vorratschätzung werden sich aus den Berechnungen und Schätzung für die einzelnen Gruben und Bergbaureviere zusammensetzen, jedoch noch aus geologischen und bergwirtschaftlichen Erwägungen heraus mögliche Erzvorkommen zusätzlich mit umfassen. Wenn man die Gesamtvorratslage eines Landes oder einer Nation abschätzen will,



wird der Wert weniger auf die Genauigkeit der Schätzung zu legen sein, als auf die Erfassung der Größenordnung der Vorräte.

Als es 1944 darum ging, die Rohstoffvorräte der USA zu schätzen, wurde von den Fachleuten des United States Bureau of Mines und des United States Geological Survey eine neue Klassifikation verwendet, die measured, indicated und inferred Vorräte unterschied.

Der Ausschuß schlägt nun vor, in Abänderung für bergwirtschaftliche Schätzungen dieses System anzuwenden, wobei die Begriffe measured und indicated zu demonstrated zusammengefaßt werden, so daß eine Zweigliederung in demonstrated und inferred Vorräte vorgeschlagen wird.

Dabei werden die demonstrated (erkannten) Vorräte folgendermaßen definiert: sie sind nach Menge und Gehalt teils aus Vorratsberechnungen, Bemusterungen und Produktionsdaten, teils durch Extrapolation auf eine nach geologischen Erkenntnissen vertretbare Entfernung erfaßt. Neben genau in ihrer Form, Größe und Mineralführung bekannten Erzkörpern werden auch solche einbezogen, die sich noch nicht genau in ihren Größenverhältnissen überblicken lassen und deren Gehalt nur durch Einzelbestimmungen ermittelt wurde.

Inferred (vermutete) Vorräte sind solche, bei denen Mengenschätzungen in ausgedehntem Maß auf der Kenntnis der geologischen und lagerstättenkundlichen Möglichkeiten beruhen. Mineralfunde und Gehaltsproben sind nicht unbedingt erforderlich. Die Schätzungen können eine angenommene Fortsetzung oder Wiederholung von Lagerstätten voraussetzen, wenn auf Grund der geologischen Situation im Vergleich mit anderen bekannten Lagerstätten die Wahrscheinlichkeit dafür besteht. Selbst vollständig verborgene Vorkommen können hier einbezogen werden, wenn ihr Auftreten aus geologischen Gründen wahrscheinlich gemacht werden kann. Schätzungen dieser vermuteten Vorräte sollten genau erkennen lassen, auf welche Flächen und bis zu welchen Tiefen sich die Angaben beziehen.

Offensichtlich sind Schätzungen von Reserven und Vorräten, vor allem auch die Einteilung in einzelne Klassen, niemals unveränderlich und endgültig. Wechsel in den wirtschaftlichen Verhältnissen bewirken eine Verschiebung in den Anteilen der einzelnen Vorratsklassen. Jedes Jahr verschwindet ein Teil der Reserven durch Abbau. Ein Teil der Reserven kommt durch Erkundungsarbeiten und neue Erkenntnisse beim Abbau in eine höhere Vorratsklasse. Es kann jedoch auch der Fall eintreten, daß bisher als Vorrat angenommene Mengen sich als nicht vorhanden herausstellen. Es ergibt sich demnach, daß die Vorratsberechnungen und Schätzungen nur für den Zeitpunkt ihrer Aufstellung gültig sind und sie in gewissen Zeitabschnitten wiederholt werden müssen. In Bergbaubetrieben ist das üblich, bei den Schätzungen nationaler Rohstoffvorräte geschieht dies jedoch nur gelegentlich, in größeren Zeitabschnitten.

Es wird noch darauf hingewiesen, daß der Bergmann oder der Volkswirtschaftler nicht nur daran interessiert ist, daß ein gewisses Gebiet eine gewisse Anzahl von Tonnen Erz enthält. Er möchte schließlich mehr wissen. Er möchte ableiten können, daß eine Lagerstätte oder ein Revier in der Lage ist, eine gewisse Produktion jährlich in einem gewissen Zeitraum zu liefern. Aus der bergmännischen Vorratsklassifikation lassen sich diese Angaben bis zu einem gewissen Grad herauslesen, jedoch werden sie durch die Unsicherheit des Fortbestandes der gegenwärtigen wirtschaftlichen Bedingungen kompliziert. Wenn der Bergwirtschaftler aussagt, daß ein Land noch Erzreserven für eine gewisse Anzahl von Jahren bei der gegenwärtigen Produktion hat, so erscheint diese Angabe ziemlich genau. Sie ist aber als Angabe für die Vorratslage ziemlich nichtssagend, da die Produktion in den einzelnen Jahren ja nicht konstant ist und die Veranschlagung eines künftigen Bedarfs außerordentlich schwer ist.

Zusammenfassend ist zu sagen, daß dieser Bericht eines Ausschusses von Fachleuten für die englisch sprechenden Länder empfiehlt, bei Vorratsschätzungen für bergmännische Zwecke und für wirtschaftliche Zwecke nach verschiedenen Gesichtspunkten zu verfahren. Er legt die Begriffe für Reserven und Gesamtvermögen fest und versucht, die Einteilung für die volkswirtschaftlichen Schätzungen zu vereinfachen. Es ist bedauerlich, daß sich der Ausschuß nicht mit der Entwicklung in der UdSSR und in einzelnen europäischen Ländern befaßt hat. Es wäre sehr wichtig, daß die Grundbegriffe der Vorratsberechnungen und Vorratsschätzungen im Weltmaßstab definiert würden, so daß für den Lagerstättenforscher und Wirtschaftler vergleichbare Angaben zusammengestellt werden könnten.

REH.

FRIEDRICH STAMMBERGER

### Einführung in die Berechnung von Lagerstättenvorräten fester mineralischer Rohstoffe

Bd. 1 der Schriftenreihe des praktischen Geologen, 153 Seiten. Mit 78 Abb. im Text. Akademie-Verlag Berlin, 1956. Preis: 7,50 DM

Als erster Band der Schriftenreihe des praktischen Geologen, die im Auftrage der Staatlichen Geologischen Kommission und der Zentralen Vorratskommission für mineralische Rohstoffe der Deutschen Demokratischen Republik von den Herren Prof. Dr. A. SCHÜLLER, Dipl.-Berging.-Geologe F. STAMMBERGER und Dr. F. STOCK herausgegeben wird, ist das hier referierte Buch von FRIEDRICH STAMMBERGER erschienen. Nachdem die Rahmenverordnung für die Klassifikation der Lagerstättenvorräte fester mineralischer Rohstoffe von der Zentralen Vorratskommission am 4. September 1956 veröffentlicht worden ist, soll das Buch eine Lücke im deutschen Schrifttum füllen und die Problematik der Vorratsberechnung fester mineralischer Rohstoffe so behandeln, daß der Praktiker für die Durchführung der Berechnungen die nötige Anleitung hat.

Daß das kleine Werk die ihm gestellte Aufgabe gut erfüllen wird, zeigt bereits ein Blick auf das Inhaltsverzeichnis. Beginnend mit den Grundlagen und der Zielsetzung einer Vorratsberechnung werden danach die Grundelemente der Berechnung eingehend behandelt. Anschließend werden aus den einzelnen Erkundungssystemen heraus die wichtigsten Methoden der Vorratsberechnung eingehend dargelegt, ihre Vor- und Nachteile geschildert und gegebenenfalls an einem Beispiel erläutert. Darauf folgen Ausführungen über die Genauigkeit von Vorratsberechnungen, ferner über die zweckmäßige Art der Ausblockung und Einstufung der Vorräte in die einzelnen Vorratsklassen.

Zum Schluß wird noch kurz auf die vielen industriellen und wirtschaftlichen Faktoren hingewiesen, die für eine umfassende Bewertung der Lagerstätte zu den Feststellungen des Geologen zusätzlich berücksichtigt werden müssen.

Wie die Gliederung des Stoffs ist auch die Behandlung der einzelnen Kapitel gut durchgearbeitet. Daß sich hier und dort vielleicht noch einige Wünsche ergeben werden, ist bei der Fülle der Probleme und bei den manchmal noch widerstrebbenden Meinungen kein Wunder. Vor allem bedürfen noch einige grundlegende Begriffe, wie beispielsweise Erz, Bauwürdigkeit, Schwellengehalt, Fragen der Tiefenlage für bedingte Außenbilanzvorräte u. a. einer genauen Definition.

Da sich zweifellos aus den einzelnen Anleitungen für die Berechnungen der Vorräte der verschiedenen nutzbaren Mineralien, wie sie gegenwärtig von der Zentralen Vorratskommission erarbeitet werden, eine Fülle von Erfahrungen ergeben werden, darf man Herrn F. STAMMBERGER die Bitte unterbreiten, diese in einer umfassenden Anweisung für die Berechnung von Vorräten fester mineralischer Rohstoffe zusammenzutragen. Es wird dann möglich sein, die in der Rahmenverordnung allgemein gefaßten Bedingungen für die Einordnung der Mineralvorräte in die einzelnen Klassen mit genauen zahlenmäßigen Angaben zu untermauern.

Das hier referierte kleine Buch wird nicht nur den in der Lagerstätten erkundung tätigen Geologen, Mineralogen, Marktscheidern und Bergleuten ein wichtiger Helfer sein, sondern auch den Studenten dieser Fächer, den Wirtschaftswissenschaftlern und den in der Wirtschaftsplanung Tätigen eine gute Übersicht über dieses schwierige Fachgebiet vermitteln. Herrn F. STAMMBERGER werden alle für seine klaren Ausführungen danken, die sich in nächster Zeit mit Vorratsberechnungen zu befassen haben. Der Akademie-Verlag, Berlin, hat das kleine Werk gut ausgestattet und zu einem Preis herausgebracht, der allen Interessierten eine Anschaffung ermöglichen wird.

REH.

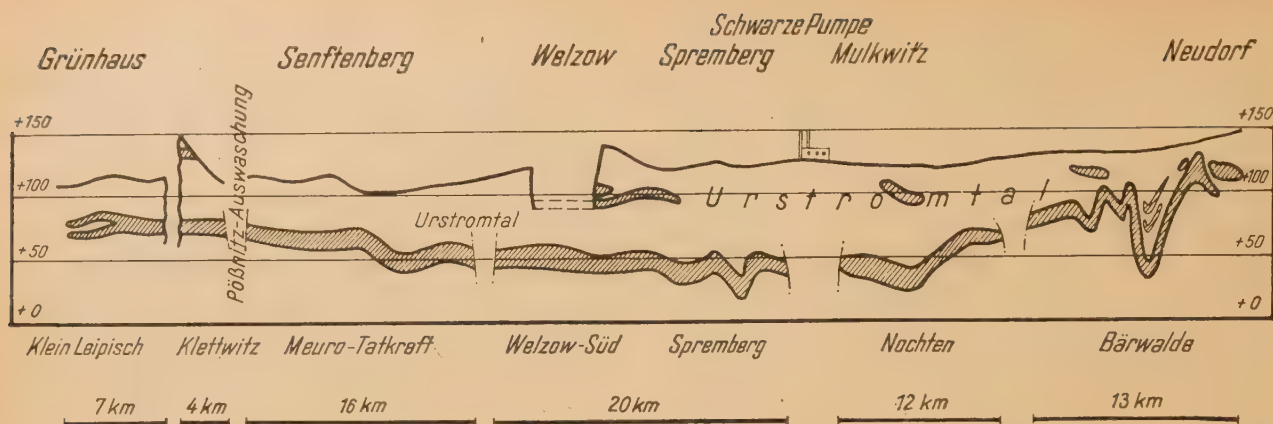
BILKENROTH, G.

### Braunkohlenenergie und Braunkohlenveredelung

Eine perspektivische Studie für die Energieplanung und Braunkohlenverwertung in der Deutschen Demokratischen Republik  
Freiberger Forschungshefte, A 61, Berlin 1956

Der Verfasser behandelt die Bedeutung der Rohbraunkohle als Rohstoff und ihre zweckentsprechende Verwendung in Form von Edelenenergien. Er geht dabei von der Voraussetzung aus, daß die Braunkohle bis zum Einsatz von Atomenergie der





W-O-Profil durch das Lausitzer Braunkohlengebiet (nach BILKENROTH 1956).

einzigste Primär-Energieträger ist, der zur Deckung des stark steigenden Energiebedarfszuwachses der DDR ausgewertet werden kann. Er macht auf das „Fehlen einer offiziellen, zusammenfassenden Energiebilanz“ und deren Folgen aufmerksam. Die jährliche progressive Steigerung des Gesamtenergiebedarfs der DDR wird auf etwa 4 % geschätzt. Dabei ist „Primär-Energielieferant für die nächsten Jahre zu 100 % die Rohbraunkohle.“

Die Tagebauvorräte in der DDR werden nach dem Stand von Ende 1955 auf nicht ganz 24 Mrd. t angegeben. Das ab 1969 spürbar werdende Energiedefizit soll durch Nutzung der Kernenergie ausgeglichen werden. Der Verfasser empfiehlt, an die Verbraucher Koks und Gas zu liefern. Zur Zeit setzt sich der Preis für die Wärmeeinheit in Braunkohlenbriketts in Berlin zu  $\frac{1}{3}$  aus den Erzeugungskosten der Braunkohlenindustrie und zu  $\frac{2}{3}$  aus Transport- und Verteilungskosten zusammen.

Den größten Teil des Werkes nimmt die Beschreibung der Technologie des Kombinati „Schwarze Pumpe“ ein. Die La-

gerstättenverhältnisse werden auf Grund des in der Abbildung wiedergegebenen W-O-Profiles durch das Lausitzer Braunkohlengebiet erläutert. Über die Abraumverhältnisse wird mitgeteilt:

„Die Verhältnisse von Abraum zu Kohle, die in der Westlausitz noch etwa 3 : 1 betragen, verschlechtern sich in östlicher Richtung zunehmend. Im Raum der Kohlenfelder Welzow-Süd und Spremberg sind die A:K-Verhältnisse bereits auf 4–6 : 1 angestiegen. Im Abbauraum Nochten gehen sie sogar stellenweise bis auf 8 : 1 herauf. Im äußersten Osten, im Muskauer Faltenbogen, ist das Lausitzer Unterflöz durch Eisdruck gefaltet und zerrissen.“

Die miozäne Kohle der Niederlausitz ist im allgemeinen stark xylitisch. In den Räumen ungestörter Lagerung ist sie aschenarm. Der Schwefelgehalt bewegt sich zwischen 0,8 und 1,3 %. Die Anteile der Koks-kohle am Vorrat der Kohlenfelder der östlichen Lausitz liegen etwa bei 55 bis 60 %.“ L.

KRAMES, K.

#### Stubbenuntersuchungen im Braunkohlentagebau der Grube Berrenrath

„Braunkohle, Wärme und Energie“ 1956, S. 329–336

Im Braunkohlentagebau der Grube Berrenrath (Roddergrube AG, Bezirk Köln) treten lokal auf der Flözoberfläche gut erhaltene Stubben und umgefallene Baumstämme auf. Durch Beschädigungen an den Baggern beim Anfahren der gut erhaltenen Stubben und Stämme der meist von *Sequoia* und *Taxodium* stammenden miozänen Hölzer entstehen beim Abbau erhöhte Kosten.

Um diese Kosten möglichst gering zu halten, war es wichtig, die Lage der Stubbenfelder zu klären, und zum anderen die Hauptrichtungen der Lage der Stämme, d. h. die Hauptfallrichtungen der Bäume, festzustellen.

Für die Lage und Ausbreitung der Stubbenfelder waren sekundäre Einflüsse, wie lokale Abtragung des Stubbenhorizontes, stärkere Inkohlung u. a. wohl weniger von Bedeutung. Wie festgestellt wurde, nimmt die Anhäufung von Stubben stets in Richtung von Vertiefungen der Flözoberfläche zu, woraus auf eine Zunahme von Stubben im Bereich von Niederungen, die wohl meist tektonisch bedingt sind, geschlossen wird.

Da die fossilen Hölzer senkrecht zu ihrer Faserrichtung eine viel geringere Festigkeit aufweisen als in Richtung derselben, muß angestrebt werden, die Generalrichtung der Abbaufont weitgehend den Hauptfallrichtungen der Stämme an der Flözoberfläche anzupassen, worauf der Verfasser der Arbeit näher eingeht.

Beobachtungen an rezenten Bäumen zeigten, daß aus statischen Gründen die Wurzeln an der Luvseite näher an der Bodenoberfläche liegen.

Wie die Untersuchungen über die Anordnung der Wurzelansätze der autochthonen fossilen Stubben erkennen ließen, war die Westwindrichtung in der Wachstumsperiode der miozänen Bäume vorherrschend. Das läßt den Schluß zu, daß sich die geographische Breite seit dem Miozän nicht verändert hat.

Analysen der Radien der Jahresringe an rezenten Baumstämmen ergaben, daß die Radien gesetzmäßig zur polaren Seite hin zunehmen. Das beruht auf der Tatsache, daß die Bäume den Blattoberflächen ein Maximum an Licht zukommen lassen wollen und sich deshalb auf der Nordhemisphäre nach Süden zu neigen. Das bedingt auf der Schattenseite ein stärkeres Wachstum des Stammes.

Entsprechende Aufnahmen an den fossilen Stubben von Berrenrath hatten zum Ergebnis, daß die Richtung der miozänen Pole mit der Richtung der rezenten Pole übereinstimmt und deshalb eine Verlagerung der Pole als Erklärung für die positive Temperaturanomale des Tertiärs nicht in Frage kommt. Sch.

SCHWAHN

#### Braunkohle als Energiequelle

Braunkohle, Wärme und Energie 8, 1956, S. 409–423

Am Anfang der Arbeit wird auf den ansteigenden Energiebedarf in der Welt eingegangen und u. a. folgendes festgestellt:

„In den USA z. B. bewegte sich die Förderung fester Brennstoffe in folgenden Zahlen (in Mio t);

	1939	1947	1950	1953	1954
Steinkohle .....	400,6	621,4	505,3	440,3	379
Braunkohle .....	2,8	2,6	3,1	2,6	?

Der prozentuale Anteil der Energieträger in USA verschob sich in 25 Jahren wie folgt:

	1929	1950	1954
Feste Brennstoffe .....	66	40	28
Flüssige Brennstoffe .....	22	33	38
Erdgas .....	9	22	28
Wasserkraft .....	3	5	6



Während also die Steinkohle in den USA eine beträchtliche Fördereinsparung erlitt, hat sich die in abseits liegenden Gebieten geförderte Braunkohle ungefähr gehalten. Der Rückgang der Steinkohle und der Zuwachs des Energiebedarfs wurden von der Produktionssteigerung namentlich von Erdgas aufgefangen.

Nach den Angaben liegen die Verhältnisse für Westeuropa anders, da dort Erdöl- und Erdgasquellen nur in verhältnismäßig beschränktem Umfang vorhanden sind und es wird „für die Braunkohle wie für die Steinkohle auch auf lange Sicht der Leitsatz gegeben, soviel zu fördern, wie die jetzigen und noch zu beschaffenden technischen Einrichtungen hergeben.“

SCHWAHN geht auf die physikalischen und chemischen Eigenschaften der Braunkohle als Grundlage für ihre Verwendung ein. Es werden die Braunkohlenvorräte der einzelnen Länder der gesamten Welt aufgeführt.

Dem Kapitel Braunkohlenförderung entnehmen wir die folgende Tabelle (von uns gekürzt):

Welt-Braunkohlenvorräte in Mrd. t	
Europa	
Bundesrepublik } . . . . .	88
DDR . . . . .	
Italien . . . . .	0,75
Frankreich . . . . .	0,42 (— 1,6)
Spanien . . . . .	1,5
Österreich . . . . .	2,34
ČSR . . . . .	12,5
Polen . . . . .	0,97 (— 17)
Ungarn . . . . .	1,6
Jugoslawien . . . . .	27,67
Rumänien . . . . .	2,75
Bulgarien . . . . .	1,4 (— 4)
Griechenland . . . . .	0,79
Dänemark, Niederlande . . . . .	0,06
UdSSR, europäischer Teil . . . . .	13
Summe Europa . . . . .	153,75
Asien	
UdSSR . . . . .	288
Indien, Pakistan . . . . .	2,83
Malaya, Thailand . . . . .	0,07 (— 0,27)
Indonesien . . . . .	2,02
China, Mandschurei . . . . .	2,8 (— 4)
Japan . . . . .	0,47 (— 1,48)
Korea . . . . .	0,03
Türkei . . . . .	0,26
Summe Asien . . . . .	296,48
Afrika	
Nigerien . . . . .	0,2
Französisch-Nordafrika . . . . .	0,01
Summe Afrika . . . . .	0,21
Amerika	
USA . . . . . (420 —)	645,5
Kanada . . . . . (27,8 —)	32,87
Columbien . . . . .	27
Summe Amerika . . . . .	705,37
Australien, Neuseeland . . . . .	60,76
Welt . . . . .	1216,57

Der Verfasser kommt zu folgendem Ergebnis:

„Der Energiebedarf der Welt wächst stark an. Der Steinkohlenbergbau mit Ausnahme der USA ist nicht in der Lage, die Steigerung aufzufangen. Aus Exportländern sind Importländer geworden (England, Bundesrepublik). In einigen Gebieten wird der steigende Energieverbrauch teilweise durch Erhöhung der Erdöl- und Naturgasproduktion ausgeglichen (USA, Deutschland, Österreich, Italien, Fernost). Andere Länder sind gezwungen, auf die Braunkohle zurückzugreifen.“ Sch.

RADMACHER, W. & P. MOHRHAUER

Die Entmineralisierung von Steinkohlen für analytische Zwecke  
Brennstoff-Chemie, Bd. 37, 1956, S. 353—358

Zur stofflichen Kennzeichnung und zur Klassifizierung von Steinkohle dienen analytische Daten auf wasser- und mineralstofffreier Basis. Die Verfasser beschreiben die Ausschaltung störender Einflüsse, die bei der Analyse mineralstoffreicher Kohlen in Erscheinung treten, durch Säurebehandlung. In

einer Reihe von Zahlentafeln sind Analysenergebnisse unbehandelter und mit Säure behandelter Steinkohlen verschiedener Zusammensetzung zusammengefaßt. Besonders die Werte der Elementaranalyse und der flüchtigen Bestandteile werden durch einzelne Mineralien, wie Silikate, Pyrit und Karbonate in erheblichem Umfang beeinflusst. Die genaue Bestimmung des Hydratwasseranteils ist nach einer näher beschriebenen Methode möglich, die auf dem selektiven Lösen der einzelnen Mineralstoffgruppen beruht. Unter Zugrundelegung der ermittelten Werte werden die Analysenergebnisse auf die wasser- und mineralstofffreie Kohle bezogen. Für die Praxis wird empfohlen, den überwiegenden Teil der Mineralien durch Mineralsäuren zu lösen und die auf diese Weise erhaltene mineralstoffarme Kohle für die analytischen Bestimmungen zu benutzen. Diese Methode wird näher beschrieben und auf die Elementaranalyse, die Bestimmung der flüchtigen Bestandteile und der Verbrennungswärme angewandt. E.

KREITER, W. M.

Zum Aufsatz von G. J. GUREWITSCH „Die sogenannte mechanische Analyse in der geologischen Literatur“

Erkundung und Lagerstättenpflege (russisch), Moskau, 1956, Nr. 4

Der Autor polemisiert gegen einen Artikel, den der Physiker G. J. GUREWITSCH in Nr. 3 der Nachrichten der Akademie der Wissenschaften, Geophysikalische Reihe 1954, publiziert hatte und in dem er mit scharfen Worten die Notwendigkeit der mechanischen Analyse geologischer Erscheinungen bestreitet. Demgegenüber betont KREITER, daß die Geologen im Gelände die Strukturformen nur beobachten und beschreiben, jedoch ohne Anwendung physikalischer und mechanischer Ergebnisse kein tatsächliches Bewegungsbild der Entstehung von Gesteinsdeformationen ermitteln können. Er weist darauf hin, daß die mechanische Analyse durch Verwendung des Deformationsellipsoids in der Deutung von Spalten- und Schieferungssystemen eine sehr große Rolle besonders bei der Erzlagerstättenkunde gespielt habe. Er schlägt vor, die Erklärung und Deutung für die Systeme der Scherklüfte in der modernen Plastizitätstheorie zu suchen, in der bewiesen wird, daß eine Bewegung auf zwei Gleitebenen nicht gleichzeitig, sondern nacheinander vor sich geht (latente Gleitebenen).

Das Deformationsellipsoid wendet man erfolgreich als Mittel zur zeichnerischen Darstellung der Beziehungen zwischen Spalten und Deformationsachsen an; der Geologe muß die tektonischen Erscheinungen unter Heranziehung von Ergebnissen der Mechanik der festen Gesteine analysieren. An den Hochschulen sollten die Geologen nicht nur über Festigkeitslehre, sondern auch über die grundlegenden Gesetze und Methoden der Plastizitätstheorie unterrichtet werden. Die hierdurch erworbenen Kenntnisse helfen in der Praxis beim Beobachten, Feststellen und Verstehen von Deformationen. Dies ist der Grund, weshalb sich die Geologen mit der mechanischen Analyse beschäftigen und sich ihrer unbedingt bedienen müssen. Der Geologe trachtet danach, die „Methode des Deformationsellipsoids“ zu benutzen, um die wichtigsten praktischen Gegebenheiten voranzusehen, in erster Linie Verlagerung des Erzes oder die Richtungen, in denen neue Teile eines bekannten Erzkörpers aufzusuchen sind. Hat man die Richtung der Achsen und die Lage der Scher- und Zerreißungsklüfte gefunden, so kann man voraussagen, wo man verworfene Teile des Erzkörpers, Stellen günstiger Erzkonzentration, Erzfälle usw. zu suchen hat. KREITER schließt mit der Aufforderung an die Physiker, Geophysiker und Geologen, daß es an der Zeit sei, durch kollektive Anstrengungen den Geotektonikern neue und vollkommenere Arbeitsmethoden vorzuschlagen, die von der Physik des deformierten festen Körpers ausgehen. N.

A. I. TUGARINOW, E. Je. WAINSTAIN & I. D. SCHEWALE-JEWSKI

Über die Wechselbeziehungen zwischen Hafnium und Zirkonium in den Zirkonen von Eruptivgesteinen und metasomatischen Gesteinen

„Geochemie“ (russisch), Nr. 4, 1956, S. 28—37

Die Untersuchungen über die Änderung des Verhältnisses  $ZrO_2/HfO_2$  wurden ausschließlich an Proben von  $Zr[SiO_4]$ , dem geochemisch wichtigsten Zr-Mineral, durchgeführt. Da die Struktur von  $Zr[SiO_4]$  nicht sehr stabil ist, tritt Zirkon nur mit geringen Gehalten in der Frühkristallisation auf; während der Hauptkristallisation erfolgt die Ausscheidung vorwiegend in den zuletzt gebildeten Gesteinen (Graniten). Nach RANKAMA & SAHAMA steigen in Kalkalkaligesteinen die Zr-Gehalte



von 60 g/t in Duniten auf 460 g/t in Graniten. Zr wirkt infolge der Ähnlichkeit seiner chemischen Eigenschaften mit Hf (gleiche Gruppe des Periodischen Systems, stets Auftreten im vierwertigen Zustand) und des Ionenradius ( $Zr^{4+}$  0,87 Å,  $Hf^{4+}$  0,86 Å) als Schutzelement des viel weniger verbreiteten Hafniums (5 g/t im Durchschnitt der Eruptiva); Hf bildet daher keine eigenen Mineralien, andererseits gibt es in der Natur keine Trennung des Hf von Zr.

Allerdings kann sich das Verhältnis  $\frac{ZrO_2}{HfO_2}$  in Zirkonen verschiedener Gesteine ändern; die Verfasser untersuchten diese Veränderung an Zirkonen aus verschiedenen metamorphen und intrusiven Komplexen der Ukraine und an Malakonen aus Lagern und Gängen, die einer Alkalimetasomatose (Na) ausgesetzt waren (Malakone sind Zirkone, deren Gitter durch radioaktiven Zerfall des stets im Zirkon enthaltenen Th weitgehend zerstört wurde). Für die Intrusiva lagen absolute Altersbestimmungen vor.

Die Bestimmung des Hf-Gehaltes sowie des Verhältnisses  $\frac{ZrO_2}{HfO_2}$  erfolgte röntgenspektroskopisch.

Im einzelnen wurde ermittelt:

Das  $\frac{ZrO_2}{HfO_2}$ -Verhältnis in Graniten variiert unabhängig vom Alter dieser Gesteine in relativ engen Grenzen (30–43), im Mittel 37. Dieser Wert kommt dem von HEVESY ermittelten (33) recht nahe. Zirkone aus den ältesten Gesteinen des Ukrainischen Schildes — der Saksaganserie (kristalline Schiefer, Gneise und Migmatite) — besitzen einen etwas höheren Hf-Gehalt (das Verhältnis beträgt hier 29). In den Zirkonen von Pegmatiten der entsprechenden Granite treten praktisch identische Werte auf, die innerhalb der Fehlergrenze ( $\pm 5\%$ ) liegen.

Eine Verarmung an Hf ist dagegen in den Zirkonen von Alkaligesteinen (Nephelinsyeniten) und von Gesteinen festzustellen, die alkalimetasomatisch verändert wurden. Bei der Alkalimetasomatose sind günstige Bedingungen für eine selektive Trennung dieser Elemente vorhanden. Mit ihrem Abklingen ergeben sich wieder Verhältnisse, die denen im Granit nahekomen. Die Verfasser nehmen an, daß bei diesen Vorgängen Zr und Hf in Form der Komplexverbindungen  $Na_2ZrF_6$  und  $Na_2HfF_6$  migrieren, wobei die Stabilität der Verbindungen des Typs  $M_2(RF_6)$  [ $M=Na$ ] in der Reihenfolge Ti; Zr; Hf; Th von links nach rechts schnell abnimmt (Zerstörung dieser Komplexe durch Ca- und  $SiO_2$ -Überschuß) und dadurch eine gewisse Trennung des Zr von Hf eintritt. Bei langsamen Durchdiffundieren dieser Lösungen bleibt Hf zurück. Malakone, die sich in Quarziten an der Grenze mit Dolomiten gebildet haben, zeigen den geringsten Hf-Gehalt (das Verhältnis  $\frac{ZrO_2}{HfO_2}$  beträgt hier 100).

Die Verfasser konnten ferner feststellen, daß die von MARTIN & PICCIOTTO beobachtete Erscheinung der Parallelität im Verlauf der Gehalte von Hf, Yttererden und radioaktiven Elementen nicht als Regel betrachtet werden kann, da in den Malakonen von Kriwoj Rog die Verhältnisse umgekehrt lagen. (Urangehalt steigt bis auf 1%, Hafniumgehalt sinkt dagegen ab). Zirkone mit besonders geringen Hafniumgehalten sind daher an Alkaligesteine und Metasomatite gebunden.

G. B. SWESCHNIKOW & S. L. DOBYTSCHIN

#### Die galvanische Lösung der Sulfide und der Dispersionshoi der Schwermetalle

„Geochemie“ (russisch), Nr. 4, 1956, S. 70–75

Die hydrogeochemische Prospektion auf Erzlagern, die in den USA, Canada und der UdSSR besonders intensiv betrieben wird, vermag durch den Nachweis anomaler Schwermetallkonzentrationen in Gewässern und durch Verfolgen dieser Konzentrationen bis zur „Quelle“ verborgene Lagerstätten aufzuspüren. Bei sulfidischen Lagerstätten mit entwickelter Oxydationszone ist in erster Linie die Löslichkeit der Sulfate der entsprechenden Schwermetalle (Pb, Cu, Zn) entscheidend für die Wegführung oder den Verbleib der Metalle, andere Faktoren sind von geringerer Bedeutung. Zu diesen Faktoren gehört auch die bereits von WELLS, GOTSCHALK und BUEHLER beobachtete und experimentell er-

faßte Erscheinung, daß in den sulfidischen Paragenesen an den Kontaktstellen der Erzminerale (mit verschiedenem Potential) elektrische Ströme entstehen, welche die lösende Wirkung der anderen Agenzien ( $O_2$ ,  $H_2SO_4$ ) verstärken. Diese Autoren bestimmen das Potential verschiedener in sulfidischen Lagerstätten auftretender Erzminerale gegen einen Kupferdraht als Bezugselektrode und kamen damit zu einer gewissen Reihenfolge der Mineralien mit verschiedenen positiven und negativen Potentialen. Es ergab sich die Feststellung, daß beim Vorliegen zweier kontaktierender Mineralien mit verschiedenem Potential die Lösung des Minerals mit niedrigerem Potential wesentlich beschleunigt, die des anderen verzögert wird.

Diese „galvanische“ Lösung der Sulfide scheint bei Lagerstätten mit nicht entwickelter Oxydationszone und starker Bedeckung die wesentlichste zu sein. Sie bedingt anomale Gehalte von Pb, Cu und Zn in den Wässern, die um die entsprechenden Lagerstätten zirkulieren. Die Verfasser bewiesen durch ihre Versuche, daß die Bildung hydrogeochemisch nachweisbarer Dispersionshöfe um Erzlagern durch galvanische Lösung sulfidischer Mineralien möglich ist. Angeregt zu diesen Untersuchungen wurden sie durch Beobachtungen an Erzlagern im Altai (bei der Analyse von Wässern ergab sich kein Zusammenhang zwischen Schwermetallgehalt und  $SO_4$ -Gehalt, der sonst zu beobachten ist).

Sie brachten die in den sulfidischen Lagerstätten häufigsten Erzminerale (Pyrit, Kupferkies, Bleiglanz und Zinkblende) allein und in verschiedenen Kombinationen in wäßrige Medien verschiedener Natur: a) KCl-Lösung mit dem in den Wässern der untersuchten Lagerstätten zu beobachtenden Cl-Gehalt (142 mg/l), sauerstofffrei gemacht durch Einleitung von  $N_2$ , in hermetisch verschlossenen Pyrexgläsern; b) gleiche Lösung, aber ohne Durchleitung von  $N_2$ , nicht verschlossen; c) destilliertes Wasser, sauerstofffrei, verschlossene Gläser; d) ebenso, aber mit  $O_2$  und nicht verschlossen.

Die Mineralien wurden gepulvert, je 1 g verwendet und allein sowie in verschiedenen Kombinationen in die Lösungen gegeben (1 g PbS + 1 g ZnS usw.). Das Volumen betrug 20 cm<sup>3</sup>. Nach Monatsfrist (bei täglichem Schütteln) erfolgte nach einer gewissen Vorbehandlung (Abfiltrieren des ungelösten Rückstandes, Fällung der in Lösung gegangenen Schwermetalle als Diäthylthiokarbamate und Extrahieren mit  $CCl_4$ ) die polarographische Bestimmung der Schwermetalle, ebenso wurde der  $pH$ -Wert bestimmt. Kontrollanalysen bestätigten die Reproduzierbarkeit der Methode.

Die Ergebnisse besagen, daß in allen Fällen, ob mit oder ohne Sauerstoffzutritt, eine intensive Lösung der Sulfide erfolgte. Bei der Kombination von PbS und  $FeS_2$  trat mehr oder weniger unabhängig vom Medium besonders stark in Erscheinung, daß beim Zusammentreffen von Substanzen mit starken Potentialunterschieden eine intensive Lösung des Minerals mit geringerem Potential erfolgte (der Pb-Gehalt betrug 50 mg/l im vierten Medium, sonst — bei monomineralischer Substanz und den Kombinationen PbS/ZnS sowie PbS/Cu $FeS_2$  — ging er nicht über 4 mg/l hinaus). ZnS zeigte infolge seines hohen spezifischen Widerstandes diesen Effekt nicht so ausgeprägt. Die Verfasser bemerkten, daß die Untersuchung der elektrochemischen Lösungsvorgänge in der Natur sehr kompliziert ist, da die von den mikrog galvanischen Elementpaaren hervorgerufenen EMK von vielen Faktoren abhängen. Dazu gehören einerseits die mineralische Zusammensetzung des Erzkörpers und die chemischen, elektrischen und elektrochemischen Eigenschaften der Erze und andererseits die chemische Zusammensetzung und die Zirkulationsgeschwindigkeit der die sulfidischen Lagerstätten umspülenden Wässer.

PENTA, F.

#### Materiali da Costituzione del Lazio

Consiglio Nazionale delle Ricerche; Centro di Studio per la Geologica Tecnica. — Supplemento A „La Ricerca Scientifica“, 26, 1956, Roma

Der Autor bringt eine ausführliche Beschreibung der geologischen Lagerung, petrographischen Zusammensetzung und technischen Verwendbarkeit der gesamten in Latium vorkommenden Naturbaustoffe. Er bedauert, daß wegen des Fehlens ausreichender Forschungsarbeiten seine Zusammen-



fassung in vielen Fällen lückenhaft bleiben mußte. Es fehlen selbst bei den verbreitetsten nutzbaren Gesteinen, wie bei Travertinen, Laven und Tuffen, eingehende Versuchsergebnisse über Zugfestigkeit, Biegefestigkeit, Elastizität, akustische und thermische Eigenschaften usw. Auch mangelt es noch an geotechnischen Daten über den Boden der Stadt Rom sowie ihrer nächsten Umgebung und ganz allgemein über lockere Kies-, Sand-, Ton- und pyroklastische Ablagerungen. Der Autor weist mit Nachdruck auf diese Mängel hin und setzt sich für eingehendere Forschungsarbeiten ein, damit man nicht mehr wie bisher auf z. T. veraltete Unterlagen angewiesen ist.

In seiner mit einem sehr ausführlichen Literaturverzeichnis versehenen Abhandlung unterteilt der Verfasser die in der Bauindustrie verwendeten mineralischen Rohstoffe in zwei große Gruppen, nämlich in Materialien, die direkt, und in solche, die indirekt verwertet werden. Die in Latium auftretenden, direkt von der Bauindustrie verwendeten Rohstoffe sind: Kalkabaster, Sandsteine, Asphalte, Kalksteine für Schmuckmarmore, Kalksteine für Mauern und Straßenbau, Kieselgur, Kiese, Laven, Bimssteine, glasreiche Schlacken, Puzzolane, Sande (Fluß-, Meeres-, Strand- und kataklastische Sande), Quarzsande, Quarzsande mit Manganknoten, Fluorit-Aragonit-Baryt-Sande, vulkanische Schlacken, Formsande, Travertine, Tuffe. In der zweiten Gruppe sind zusammengestellt: Tone und Mergel für die Zementindustrie, Tone und Mergel für die Ziegelindustrie, Tone für Keramik, Bentonite und Walkerden, Kalksteine für gebrannten Kalk, Kalksteine für die Zementindustrie, Dolomite und Kalkdolomite, Gips, Ocker, Puzzolane für die Zementindustrie, weiße Erden, Kaoline, Roterden und Bauxite. E.

**Contributions to the Geology of Uranium and Thorium by the United States Geological Survey and Atomic Energy Commission for the United Nations International Conference on Peaceful Uses of Atomic Energy, Geneva, Switzerland, 1955**

Geological Survey professional paper 300, Washington, 1956. VII + 739 Seiten, 218 Abb., 17 Tafeln

Die sehr umfangreiche Schrift ist eine Gemeinschaftsarbeit des Geological Survey und der Atomenergiekommission der USA, an der 132 Autoren beteiligt sind.

Die Artikel sind zu vier Hauptgruppen zusammengefaßt, von denen die erste und umfangreichste die natürlichen Vorkommen und die Verteilung des Urans unter den verschiedenen geologischen Bedingungen (in kristallinen Gesteinen, in Ganglagerstätten, in terrestrischen und marinen Sedimenten, im Zusammenhang mit Bitumina) behandelt. Besonders eingehend werden dabei die Uranlagerstätten in terrestrischen Sedimenten geschildert. Die anderen kürzeren Hauptgruppen sind den Thoriumvorkommen in den Vereinigten Staaten, den chemischen Methoden zum Nachweis von Uran und Thorium, bei denen auch u. a. fluorimetrische, kalorimetrische und massenspektrometrische Methoden angeführt werden, gewidmet. Die vierte Hauptgruppe umfaßt die verschiedenen Prospektionsmethoden auf Uran und Thorium, und zwar der geologischen, geophysikalischen, geochemischen, botanischen und physikalischen Erkundung samt der Beschreibung der dazu verwendeten Instrumente.

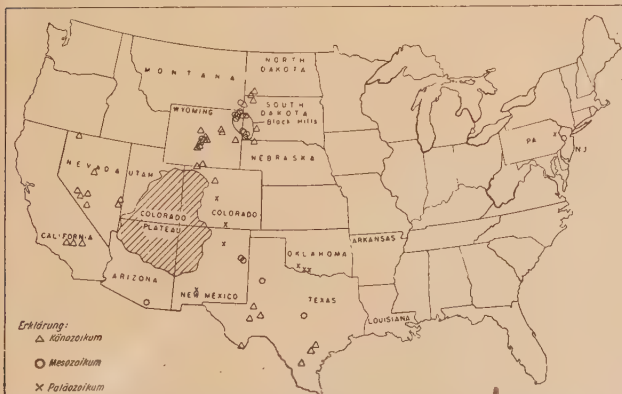


Abb. 1. Die Verteilung der Uranlagerstätten in terrestrischen Sedimenten in den USA außerhalb des Colorado-Plateaus nach ihrer stratigraphischen Zugehörigkeit. Abb. 1–3 nach W. J. FINCH, 1956.

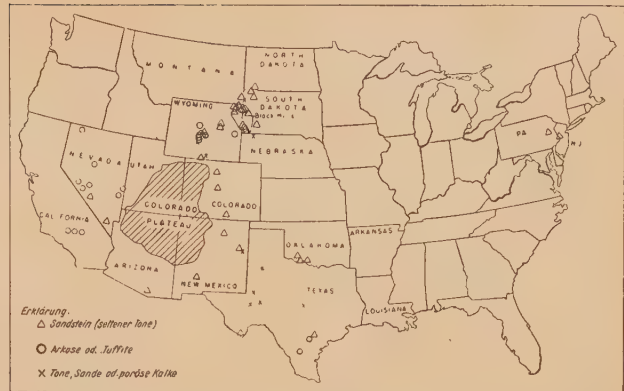


Abb. 2. Die Verteilung der Uranlagerstätten in terrestrischen Sedimenten in den USA außerhalb des Colorado-Plateaus nach der petrographischen Ausbildung ihres Nebengesteins.

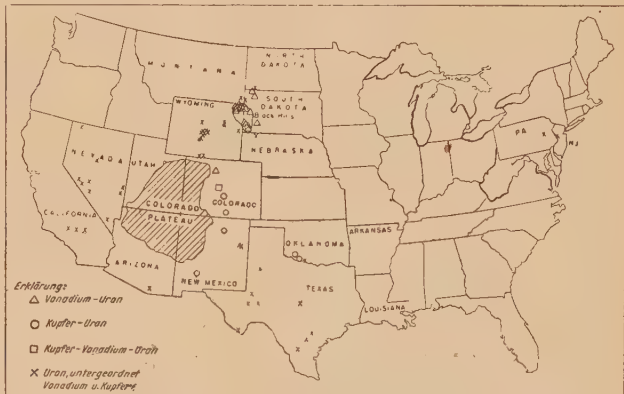


Abb. 3. Die Verteilung der Uranlagerstätten in terrestrischen Sedimenten in den USA außerhalb des Colorado-Plateaus nach ihren Leitmetallen.

Die schriftlichen Darlegungen werden durch eine große Zahl von Fotos und Abbildungen (Karten, Profile, Faziesprofile, Blockdiagramme, tabellarische Übersichten) erläutert.

Sehr nützlich ist neben dem Autorenverzeichnis das beigegebene ausführliche Sachverzeichnis, das gleichzeitig Orts- bzw. Lagerstättenverzeichnis ist.

Diese Veröffentlichung kann man beinahe als Monographie der Uran- und Thoriumlagerstätten der USA ansehen. Das Werk wird nicht nur dann von Interesse sein, wenn es gilt, sich über die Lagerstätten der USA zu informieren, sondern ganz allgemein, wenn Probleme der Uran- und Thoriumvorkommen zur Diskussion stehen. -ek.

L. W. DMITRIJEV & Je. B. SNAMENSKIJ

**Zur Frage der Verteilung des Titans in Graniten**

„Geochemie“ (russisch), Nr. 4, 1956, S. 48–49

Die drei wichtigsten Varietäten aus dem Kaibmassiv in Zentralkasachstan (porphyrischer Biotitgranit, mittelkörniger Biotitgranit und grobporphyrischer Biotitgranit) weisen  $\text{TiO}_2$ -Gehalte von 0,18; 0,11 und 0,19% auf. Die quantitative mineralogische Analyse (ausgeführt an großen Dünnschliffen –  $8 \times 10 \text{ cm}$  –) zeigte, daß die Titanmineralien Rutil und Sphen nur mit Gehalten von tausendstel Prozent auftreten und deshalb nicht die Hauptträger des Ti in diesen Gesteinen sein können. Die  $\text{TiO}_2$ -Gehalte der Biotite bewegten sich zwischen 2,96 und 3,3%. Umrechnungen ergaben, daß in den Biotiten der porphyrischen Varietät 65%, in der mittelkörnigen 86% und in der grobporphyrischen 80% des gesamten im Gestein enthaltenen  $\text{TiO}_2$  konzentriert sind. Ti ist kristallchemisch im Biotitgitter gebunden. Es bedarf daher in der Geochemie des Titans weiterer Untersuchungen, besonders in granitischen Gesteinen, da für die erwähnten Granite des Kaibmassiv bewiesen wurde, daß Biotit der Hauptträger des Ti ist und nicht Titanmineralien (Ilmenit, Sphen, Rutil), auf die HEVESY, RANKAMA & SAHAMA sowie GOLDSCHMIDT den Titangehalt der granitischen Gesteine hauptsächlich zurückführten. Oe.



KRAJEV, D.

**Die Eisenerzvorkommen von Kremikowzi**

Technitschesko Delo (Sofia) Nr. 200, 1956

Der Autor beschreibt zunächst die Geschichte der geologischen Entdeckung und Untersuchung der etwa 19 km von Sofia entfernten hydrothermalen Eisenerzlagerstätte von Kremikowzi, die 1881 entdeckt worden war. 1945–1955 waren magnetische, gravimetrische und elektrische Messungen durchgeführt worden. Die Leitung der Aufschlußarbeiten lag in den Händen des Chefgeologen STANKO TONEW.

Die Lagerstätte, die im Tagebau abgebaut werden wird, hat eine Länge von 1550 m und eine Breite von 500 – 700 m. Ihre Mächtigkeit schwankt zwischen einigen und 247 m (im Durchschnitt 67 m). Neben den Haupterzen Limonit, Hämatit und Siderit treten Pyrit, Bleiglanz, Tetraedrit, Kupferkies und Zinkblende sowie Cerussit, Anglesit und Malachit auf. Bei der Vorratsberechnung wurden 4 Erzqualitäten unterschieden, die folgende Vorräte ergaben:

Erzqualität	Vorräte A + B + C 1000 t	Durchschnittsgehalt		
		Eisen Prozent	Mangan Prozent	Baryt Prozent
Hämatiterz 1. Sorte .....	2 774	40,3	1,45	3,1
Hämatiterz 2. Sorte .....	17 405	43,6	1,24	16,6
Limoniterz .....	121 379	31,3	6,49	19,6
Sideriterz .....	30 829	23,6	4,99	20,8
	172 387	31,05	5,55	19,2

Die Erze sind an dolomitisierte triassische Kalksteine gebunden, in denen hydrothermale Lösungen durch Verdrängung von Kalzium und Magnesium Siderit absetzten. Durch spätere tektonische Bewegungen trat in den Sideritkörpern Reißbildung ein, Quarz- und Barytgänge und -nester von verschiedener Mächtigkeit wurden abgesetzt. Als letzte Bildung

lagerten sich Siderit und Hämatit in den Spalten ab. Durch spätere Hebung gelangten die Erze an die Oberfläche, große Teile des Siderits und geringere Mengen des Hämatits wurden unter Einwirkung der Oberflächenwässer limonitisiert.

Das Deckgebirge besteht aus verkarsteten dolomitischen Kalken, die mit pliozänen Sanden und Tonen bedeckt sind. Die Mächtigkeit des Deckgebirges beträgt 14–195 m (im Durchschnitt 93 m). Der Tagebau wird 1,8 km lang und 0,8 km breit und 170–290 m tief werden. Zur Trennung des Eisenerzes von Baryt wird eine große Aufbereitung gebaut werden. Das durch Schießarbeit freigelegte Erz wird durch Großbagger in 50 t-Waggons verladen. Der Grundwasserspiegel wird durch ein System von Entwässerungs sonden gesenkt werden. Die Vorräte reichen für 60 Jahre; in den ersten 10 Jahren wird nur Limoniterz gefördert werden. Kremikowzi wird der größte Erztagbau der gesamten Balkanhalbinsel werden.

JACOB, A.

**Kali-Gewinnung und Anwendung der Kalidüngesalze**

Verlag J. NEUMANN, Neudamm-Melsungen, 1955

Dieses Bändchen befaßt sich mit der Chemie des Kaliums und seiner Verbindungen, den Vorkommen und der geologischen Entstehung der Kalisalzlager.

Weiter wird die industrielle Herstellung und Weiterverarbeitung der Kaliohsalze und besonders die landwirtschaftliche Anwendung der Kalidünger, wie Kali als Pflanzennährstoff, die Wirkung der Nebenbestandteile der Kalisalze, das Verhalten der Kalisalze im Boden, die Ermittlung des Kalidüngerbedarfs der Böden und die Kalidüngung der Kulturpflanzen, behandelt. Ein Kapitel erläutert die Bedeutung des Kaliums für die menschliche und tierische Ernährung.

Der Verfasser stellt sich die Aufgabe, die Bedeutung dieses wichtigen Rohstoffes für die gesamte Volkswirtschaft dem Leser nahezubringen und trachtet daher besonders danach, das Verständnis für die landwirtschaftliche Bedeutung des Pflanzennährstoffes Kali zu vertiefen. Sch.

## Kurznachrichten

**Der 10. Jubiläumskongreß der tschechoslowakischen Gesellschaft für Mineralogie und Geologie in Košice vom 8. 9. bis 12. 9. 1956**

An der Tagung in Košice (Kaschau) nahmen mehrere Hundert Geologen und Mineralogen teil, darunter auch Gäste aus Ungarn, Polen, Jugoslawien, der Sowjetunion, Frankreich und der DDR.

Die Organisation lag in den Händen des Dekans der Fakultät Bergbau der Technischen Hochschule, Dozent Dr. Belo ZORKOVSKY und des Direktors des neuen Geologisch-Mineralogischen Hochschulinstitutes, Dozent Dr. Ján ŠALAT. Der Delegation aus unserer Republik gehörten Prof. Dr. SCHWANECKE, Dr. STOCK, Dr. HOHL und der Berichtende an.

Viele Eindrücke haben die ausländischen Gäste mit nach Hause genommen. Sie werden bestimmt durch das geologische und persönliche Geschehen während der Tagung. Die ausländischen Gäste erlebten ein Hohes Lied der Gastfreundschaft. Die slowakischen und tschechischen Arbeitskollegen lasen ihren Gästen jeden, auch den kleinsten Wunsch, von den Augen ab.

Die Teilnehmer der Tagung schlossen sich 3 Exkursionen an, deren Routen getrennt voneinander waren. Der letzte Tag des Kongresses wurde durch eine geologisch-touristische Exkursion in die Hohe Tatra ausgefüllt. Dr. STOCK, Dr. HOHL und Verf. nahmen an der Exkursion in das Paläozoikum und die Lagerstätten des Zips-Gemerer Erzgebirges teil. Die zweite Exkursion besuchte das Mesozoikum des südslovakischen Karstes und des Stratenauer Hügellandes, die dritte das Neozoikum der Ostslowakei.

Wir sahen eine Lagerstättenprovinz, die mit der der Ostalpen verwandt ist. Es wurden metasomatische Magnesit- und Sideritkörper (Košice, Dobšina), Sideritgänge (Porač, Dobšina, als Besonderheiten sind erwähnenswert Fuchsit, Turmalin und Zinnober), eine Pyrit-Kupferkieslagerstätte (Smolník), Antimonitgänge (Helmanovce) und ein Greisen-vorkommen (Hnilec) gezeigt. Grubenbefahrungen konnten der

großen Teilnehmerzahl wegen nicht durchgeführt werden. In Košice besichtigten die Exkursionsteilnehmer einen Magnesit-tagebau (Typ Veitsch). Ebenso reichlich war das stratigraphische Programm: Porphyroidserie (cb-si), Devon, Unter- und Oberkarbon, Verrucano sowie die im Schiefergebirge steckenden kleinen Granitstöcke.

Der letzte Tag galt der Hohen Tatra, die aus schwach beanspruchten varistischen Graniten besteht. Nach der Abfahrt von Tatranska-Lomnica trennten sich die Teilnehmer, bereichert durch neue persönliche und geologische Erlebnisse.

Eine Beschreibung des Zips-Gemerer-Erzgebirges enthält KAMENICKÝ & KAMENICKÝ; Gemeride Granite und ihr Verhältnis zu der Vererzung im Zips-Gemerer Erzgebirge, Geologické Práce 41, Bratislava 1955. Die varistischen Granite schildert B. CAMBEL: Die Tektonik der klein-karpathischen granitoiden Gesteine, Geologický sborník VII, 1–2, Bratislava 1956. TH. KAEMMEL

**Rohölversorgung der Bundesrepublik (in 1000 t)**

	Deutsches Rohöl	Importöl	Gesamt
1950 .....	1119	2273	3392
1951 .....	1367	3474	4841
1952 .....	1755	3449	5204
1953 .....	2189	4542	6731
1954 .....	2666	5974	8640
1955 .....	3147	7111	10258

Von den westdeutschen Erdölimporten im Jahre 1955 in Höhe von 7,1 Mill. t kamen fast 6,3 Mill. t oder knapp 90 % aus dem Mittleren Osten. L.

**Ölförderung des Feldes Ragusa**

Auf dem Feld Ragusa (Sizilien), das 1955 etwa 123 800 t Erdöl förderte, stehen zur Zeit 11 produzierende Bohrungen. Mitte 1956 wurde bereits mit einer Rate von etwa 500 000 jato gefördert; bis Ende des Jahres rechnet man mit einer Erhöhung der Förderrate auf etwa 850 000 jato. E.



## Erdgas als industrieller Grundstoff

Dem 1956 im Akademie-Verlag, Berlin, erschienenen Werk von Prof. Fr. ASINGER „Chemie und Technologie der Paraffin-Kohlenwasserstoffe“ entnehmen wir die folgende Darstellung über die Rolle des Erdgases als chemischer Grundstoff (S. 15—18) in gekürzter Form:

„In Deutschland kommt an verschiedenen Stellen Erdgas vor. ... Verschiedene Industrieunternehmen verarbeiten dieses Gas auf chemischem Wege, z. B. die CHEMISCHEN WERKE HÜLS. Neuerdings sind die HÖCHSTER-FARBENWERKE, die Fa. RÖHM und HAAS und die BADISCHE ANILIN- und SODAFABRIK als Interessenten für deutsches Erdgas zur chemischen Verarbeitung auf Chlorierungsprodukte, Blausäure, Grundchemikalien der Kunststoffindustrie, Lösungsmittel usw. aufgetreten. ....

Erdgas wird in den USA und in der Sowjetunion in immer größerer Menge zur Energieversorgung in der Industrie herangezogen. Aus einer USA-Statistik (vgl. Tabelle 1) erkennt man, wie seit Kriegsende Erdgas in immer größerem Maße zur Energieerzeugung verwendet wird<sup>1</sup>).

In diesem Zusammenhang interessiert auch, für welche Zwecke Erdgas in der Industrie verwendet wird. In Tabelle 2 wird eine Zusammenstellung von GONZALES<sup>2</sup>) angeführt.

Tabelle 1: Rolle des Erdgases in der Energieversorgungsbilanz der USA

Jahr	Kohle Mio t	Erdöl Mio B*)	Erdgas Mio t
1945			
Mengen . . . . .	632	1714	11100
Billionen kcal . . . . .	4150	2480	1050
% . . . . .	53,8	32,4	13,8
1953			
Mengen . . . . .	482	2360	23400
Billionen kcal . . . . .	3160	3420	2260
% . . . . .	35,7	38,7	25,6

\*) 1 B (Barrel) = 159 l.

Tabelle 2: Verwendung von Erdgas in den USA  
Mengen und Zweck

Art der Verwendung	1945 Mrd m <sup>3</sup>	1952 Mrd m <sup>3</sup>
Verwendung auf Ölfeldern selbst . . . . .	25	42
Petroleumraffinerien . . . . .	9,5	15
Rußherzeugung . . . . .	12,0	10,3
Erzeugung elektrischer Energie . . . . .	9,2	26
Andere industrielle Verwendung . . . . .	29,5	61
Summe für industrielle Verwendung . . . . .	85,2	154,3

Großes Interesse beanspruchen die flüssigen Anteile der Erdgase, die insbesondere aus den „nassen Gasen“ gewonnen werden können, wie die Flüssiggase und das Naturgasbenzin. Flüssiggase (Propan und Butan) und Naturgasbenzin in stabilisierter Form (Pentane, Hexane und Heptane) sind wichtige Ausgangsprodukte der chemischen Industrie. Unter Flüssiggasen versteht man Gemische aus Propan und Butanen, Propylen und Butylenen. Es handelt sich dabei um Kohlenwasserstoffe, die sich bei Normaltemperatur unter Anwendung eines Druckes bis zu 20 at verflüssigen lassen. ....

Die Welterzeugung an Naturgasbenzin wurde 1953 auf 816000 Barrels täglich geschätzt, was einer Jahresproduktion von ungefähr 33 Mill. t gleichkommt. 81,5% entfielen auf die USA. Das Naturgasbenzin beträgt etwa 17% des Gesamtbenzins in USA<sup>3</sup>). ....

Die im Erdgas vorkommenden Gase können in 3 Gruppen eingeteilt werden:

1. Das Methan, das Äthan und die Verunreinigungen, wie Stickstoff, Kohlensäure und Sauerstoff.
2. Die Flüssiggase (Propan und Butan).
3. Die Gruppe von Paraffinkohlenwasserstoffen, die bei Normaltemperatur flüssig sind, wenn man die gasförmigen abgetrennt hat. Dazu gehören die Pentane, Hexane und die höheren Paraffinkohlenwasserstoffe. Diese Gruppe kommt nur in den nassen Gasen vor.

Bei der Trennung des nassen Erdgases in die einzelnen Bestandteile wird zuerst das sogenannte Naturgasbenzin abgetrennt. Sonst würde sich nämlich beim Transport des Erdgases in Rohrleitungen unter Druck ein Kondensat abcheiden.

Das Naturgasbenzin ist vom Standpunkt der chemischen Verarbeitung der Paraffine wichtig, weil daraus das technische Pentan, ein etwa äquimolares Gemisch aus n-Pentan und Isopentan gewonnen wird, das in großen Mengen zur Herstellung von Amylalkoholen benötigt wird.

Die Summe von Flüssiggas und Naturgasbenzin wird als „Naturgasflüssigkeit“ bezeichnet. Die Naturgasflüssigkeiten spielen heute in den Erdölländern eine große Rolle. Uns interessiert in diesem Zusammenhang nur die Verwendung dieser Stoffe als Ausgangsmaterial für die chemische Industrie zum Zwecke der Herstellung von Chemikalien. Dabei spielt insbesondere in letzter Zeit auch die Isolierung von Äthan aus den Erdgasen eine immer größere Rolle. Es gehört zwar nicht mehr zu den „Erdgasflüssigkeiten“ und wurde daher früher nach Ausscheidung des Naturgasbenzins und der Flüssiggase mit dem Methan im nicht kondensierbaren Anteil als Heizgas abgegeben.

Äthan ist heute als Ausgangsstoff für die Äthylenherstellung außerordentlich gesucht, basiert doch auf Äthylen ein großer Teil der modernen Petrochemikalienindustrie. Früher hatte man zur zusätzlichen Äthylenherstellung (außer den aus Crackgasen geeigneter Zusammensetzung zugänglichen Mengen) in Raffinerien, die sich auch mit chemischen Fabrikationen beschäftigten, oder in selbständigen chemischen Fabriken Propan benutzt, heute nimmt man fast nur Äthan. Dadurch ist man gezwungen, die Äthananteile, die sich in den sogenannten Pipe-line-Gasen vorfinden, noch auszuschneiden. Dazu kommt noch, daß Propan und Butan immer stärker zur Herstellung von Aldehyden, Säuren und Alkoholen benutzt werden. Außerordentliche Mengen an n-Butan gehen in die Butadienherstellung.

Die Aufarbeitung der Gase aus den Erdgasquellen durch Abscheidung der Naturgasflüssigkeiten geschieht zum Zwecke des besseren Transportes der Gase. Die dabei anfallenden flüssigen Produkte sind hier zwangsläufig Nebenprodukte, aber sie sind besonders wertvoll.

Die Anwesenheit von schwereren, kondensierbaren Kohlenwasserstoffen in zum Transport bestimmten Erdgasen unter Druck führt unter Umständen zur Ausscheidung von Flüssigkeiten mit allen damit verbundenen Störungen. Besonders in kälteren Gegenden oder in gebirgigem Terrain, wo die Leitungen steil ansteigen, füllen sich die Röhren an Tiefpunkten mit Flüssigkeit. In vielen Fällen sind diese Flüssigkeitsmengen sehr bedeutend. Man trennte daher aus den höheren Paraffinkohlenwasserstoffen besonders reichen Gasen das Naturgasbenzin ab. Später, als sich der Absatz für die Flüssigkeit erweiterte, schied man auch Teile des Propanes und viel Butan aus, und die Versuche, diese Flüssiggasbestandteile mit immer besseren Ausbeuten zu erhalten, steigerten sich mit der Zeit erheblich.

In den letzten Jahren ist man bestrebt, auch soviel Äthan wie möglich aus den Erdgasen zu gewinnen aus Gründen, die oben schon angedeutet wurden. Aus Äthan gelingt es heute, etwa 75 Gew.-% Äthylen herzustellen, aus Propan etwa 45 und aus Erdöl maximal 20—28 Gew.-%.

Die Erdgase, wie sie heute in den großen Erdgasleitungen in den USA aus den Erdgasfeldern der Texas-Golf-Küste und Louisianas über den ganzen Kontinent befördert werden, enthalten 3—4 Vol.-% Äthan und noch 1,5—2 Vol.-% Propan und höhersiedende Paraffinkohlenwasserstoffe. Man extrahiert

<sup>1</sup>) Chem. Industrie 6, 464 (1954).

<sup>2</sup>) R. J. GONZALES, Oil Gas J. 53, Nr. 1 124 (1954).

<sup>3</sup>) Chem. Industrie 6, 130 (1954).



heute Äthan aus solchen Gasen. Dabei scheidet man aber weniger als 40 % des Äthangehaltes aus, um den Heizwert des Gases nicht zu stark herabzusetzen, außerdem würde eine weitergehende Äthanabtrennung auch höhere Kosten verursachen.

Die Gase, die in den Ölfeldern als Nebenprodukt bei der Rohölgewinnung anfallen, sind nasse Erdgase, da sie viel höhere Paraffinkohlenwasserstoffe, wie Pentan, Hexan und Heptan enthalten.“ L.

Umrechnungsschlüssel für Brennstoffe auf Steinkohleneinheiten SKE

	Einheit	= kcal	= Steinkohlen-
			einheiten
Steinkohle	kg	7000	1,000
Steinkohlenbriketts	kg	7500	1,071
Steinkohlenkoks	kg	6600	0,943
Rohbraunkohle (a)	kg	2000	0,286
Braunkohlenbriketts	kg	4800	0,686
Braunkohlenschwelkoks	kg	4800	0,686
Pechkohle	kg	5000	0,714
Hartbraunkohle (tsch.)	kg	3500	0,500
Torf	kg	3000	0,429
Holz	kg	3500	0,500
Erdgas	m <sup>3</sup>	9000	1,286
Erdöl	kg	10000	1,429
Flüssiggas	kg	10000	1,429
Benzin-Benzol	kg	10000	1,429
Leuchtöl	kg	10000	1,429
Diesel-, Gas-, Treiböl	kg	10 000	1,429
Heizöl	kg	10000	1,429
Heizgas	kg	13000	1,857
Petrolkoks	kg	7000	1,000
Elektr. Strom			
(Wärme oder Wasser)	kWh	860	0,123
Wasserkraft beim Einsatz	kWh	1230 (b)	0,176
Stadigas	m <sup>3</sup>	4000	0,571

(a) Rohbraunkohle ist für die verschiedenen Verbrauchsstellen unterschiedlich behandelt worden:

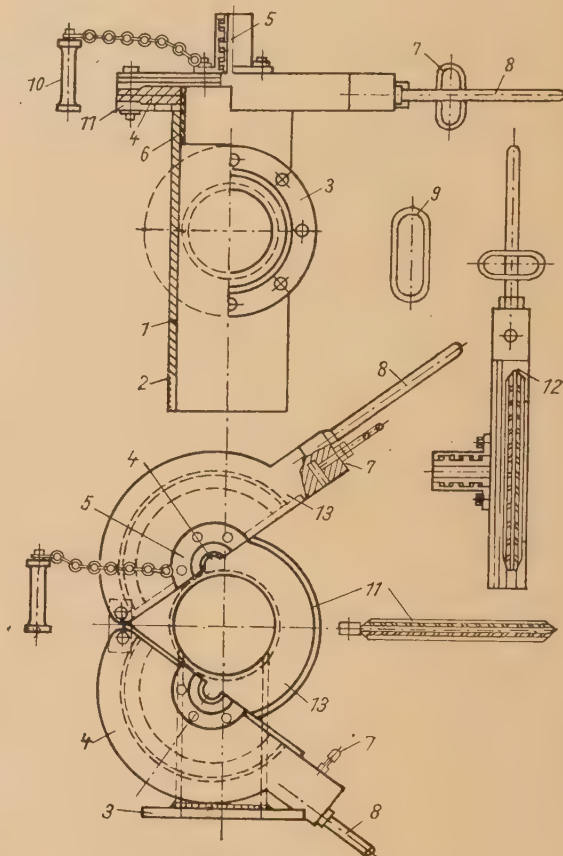
Förderung, Selbstverbrauch	
Einsatz in Brikettfabriken	2000 kcal = 0,286 SKE
Einsatz in Schwelanlagen	2800 kcal = 0,400 SKE
Einsatz in Elektrizitätswerken	1900 kcal = 0,271 SKE
Sonstige Verbraucher	2100 kcal = 0,300 SKE

(b) Dabei ist der Wirkungsgrad der Turbinen mit 0,7 angenommen worden.

(Aus EBERT, K.: Die Energiebilanz des Bundesgebietes — Glückauf 92/1956 Seite 748—756). E.

Die Verhinderung von Erdöl-Ausbrüchen

Zwei polnische Rationalisatoren des Erdölbezirkes von Gorlice, der Schweißer JOZEF WIDIĄK und der Schlosser WLADISŁAW BOGDAN haben nach eigenen Entwürfen einen Bohrkopf gegen Erdöl ausbrüche konstruiert.



Nach der Zeichnung besteht der Kopf aus folgenden hauptsächlichsten Teilen (s. Abb.): einem kurzen Rohr (1), dessen Durchmesser dem des Rohres entspricht, das für die Bohrung benutzt wird und das an seinem unteren Ende in einem Gewinde ausläuft (2). An dieses Rohr wurde oben ein Flansch

Westdeutsche Kohlenförderung		1955	1956	Steigerung um
Westdeutscher Steinkohlenbergbau	Förderung insgesamt	130,73 Mio t	131,40 Mio t	3,67 Mio t
	arbeitstägliche Förderung	431 400 t	443 500 t	2 100 t
	Zechenkokerzeugung	37,11 Mio t	39,57 Mio t	2,46 Mio t
	Beschäftigte im Steinkohlenbergbau über und unter Tage (Ende Dezember)	479 000 Arbeiter	489 500 Arbeiter	10 500 Arbeiter
	Leistung je Mann und Schicht (unter Tage)	1 544 kg	1 564 kg	20 kg
Westdeutscher Braunkohlenbergbau	Förderung insgesamt	~ 90,3 Mio t	~ 95,2 Mio t	~ 4,9 Mio t
	arbeitstägliche Förderung	298 000 t	314 100 t	16 100 t
	Briketterzeugung insgesamt (arbeitstägliche Erzeugung)	54 000 t	56 000 t	2 000 t
	Rohbraunkohlenförderung	77,78 Mio t	82,13 Mio t	4,35 Mio t
	Briketterzeugung	14,79 Mio t	15,22 Mio t	0,43 Mio t
	Rheinisches Revier Rohbraunkohlenförderung	6,51 Mio t	6,73 Mio t	0,22 Mio t
	Briketterzeugung	1,42 Mio t	1,50 Mio t	0,08 Mio t
	Helmstedter Revier Rohbraunkohlenförderung	6,07 Mio t	6,38 Mio t	0,31 Mio t
	Briketterzeugung	0,24 Mio t	0,24 Mio t	0,0
	Hessen und Bayern			



angeschweißt (11), und im Mittelteil des Rohrs (1) wurde ein zweiter Flansch (3), der den Bohrkopf mit dem Ablaufhahn verbindet, angebracht.

Außerdem gehört zum Bohrkopf der Deckel (4), der aus zwei Hälften besteht, an denen mit Hilfe von Schrauben ein zweiteiliger Abdichter (5) befestigt ist, der innen mit weichem weißen Metall ausgelegt wird. Der an das Seil herangedrückte Abdichter schließt es ringsherum dicht ab.

Der Bohrkopf soll einen plötzlichen Ausbruch des Erdöls aus dem Bohrloch aufhalten. Er kann bei Bedarf schnell eingesetzt werden, in dem die beiden Hälften des Deckels (4) geschlossen und fest miteinander verbunden werden.

Der Bohrkopf wird auf dem oberen Teil des aus der Erde herausragenden Rohres bereits fest aufgedreht, wenn man auf stärkere Spuren ölführender Schichten stößt. Während der Bohrarbeiten ist der Deckel (4) mit dem Abdichter (5) ständig geöffnet.

Um die Gefahr einer Funkenbildung durch Reibung des Seiles am Bohrkopf zu beseitigen, wurde in ihm ein Schutzgewinde (6) aus Buntmetall angebracht.

Falls es notwendig ist, die Öffnung des Bohrloches bei einem Erdölaustrich zu verschließen, wenn sich der Bohrer gerade unten im Bohrloch befindet, wird der Deckel (4) zusammen mit dem Abdichter (5) geschlossen. Eine vollkommene Abdichtung des Bohrkopfes wird durch den Rand des Flansches (11) gewährleistet, der die Form eines Trapezes hat und genau in die Aussparung des Deckels (4) paßt, in dem sich auch eine Abdichtung (12) sowie der Verschuß (13) befindet. Das Seil ist ebenfalls durch den Abdichter (5) genügend isoliert. Als Sicherung vor einem selbsttätigen Öffnen der beiden Hälften des Deckels (4) dient der Patentverschluß (7). Außerdem werden die Handgriffe (8) des geschlossenen Deckels (4) noch besonders gesichert (9). So wird die Öffnung des Bohrloches vor einem plötzlichen Ausbruch des Erdöls geschützt, gleichzeitig wird das Abflußventil reguliert, um den richtigen Ablauf der Exploitation des betreffenden Bohrloches zu gewährleisten.

Während der Bohrer von der Bohrstelle bis zum Bohrkopf herausgezogen wird, bleiben beide Hälften des Deckels (4) geschlossen. Wenn der Druck des Erdöls fällt, wird der Deckel für einen Augenblick geöffnet, um den Bohrer zu entfernen und um an Stelle des Seiles, das die Öffnung im Abdichter (5) ausfüllte, den Stopfen (10) einzuführen, der an beiden Seiten Verdickungen hat. Auf diese Weise wird die Öffnung im Abdichter (5) auch weiterhin dicht verschlossen.

(„Glos Pracy“, Warschau, 6. April 1956)

### Neues Nickelerzgebiet der Inco

Die Inco (International Nickel of Canada) hat im Dezember des vergangenen Jahres ihre Pläne zum Aufschluß der Nickelvorkommen im Gebiet des Mystery- und des Moaksees veröffentlicht. Durch geophysikalische Erkundungen, die von Flugzeugen aus unternommen wurden und bei denen eine Fluglänge von 24000 Meilen abgeflogen wurden, wurde das Erzgebiet an den beiden Seen lokalisiert. Bereits früher waren von Trappern ab und zu Erzfunde aus dieser Gegend gemeldet

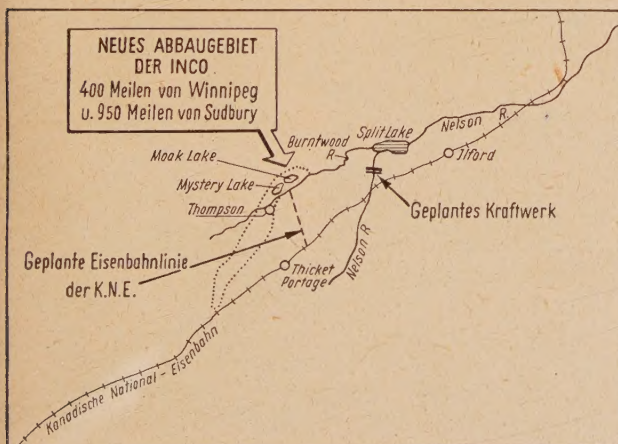


Abb. 1. Skizze des neuen Nickelerzgebietes der Inco im Moak-Seegebiet (nach Industriekurier Düsseldorf, 1956).

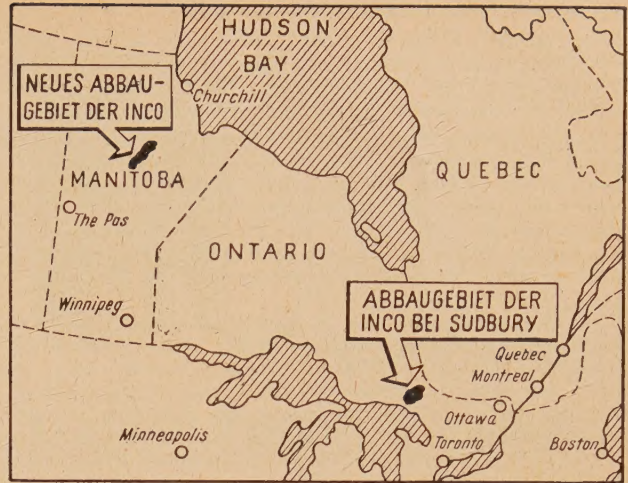


Abb. 2. Geographische Lage der Nickelerzgebiete von Sudbury (Ontario) und Moaksee (Manitoba).

worden. Nach Vorliegen der geophysikalischen Meßergebnisse wurde das Erzrevier von den Geologen näher erkundet. Es ist 75-80 Meilen lang und etwa 5 Meilen breit. Die Skizze der Abb. 1 zeigt die Lage der zwei neuen Gruben, die die Namen Thompson- und Moak-Grube erhielten. Die Gesamtkosten, die die Inco in die Nickelerkundungsarbeiten von Manitoba investierte, betragen einige Dutzend Millionen Dollar.

Es ist beabsichtigt, bis 1960 aus diesen Gruben so viel Erz zu fördern, daß 80 000 – 90 000 t Nickel erschmolzen werden können. Hierzu wird am Nelson River ein Kraftwerk gebaut werden, um die Wasserkraft des Grand Rapid auszuwerten. Für die Provinz Manitoba bedeutet die Aufnahme des Nickelerzbergbaus einen großen Fortschritt in der Industrialisierung. Man kann annehmen, daß die neuen Nickelerzvorkommen eine ähnlich wichtige Basis für die Herstellung von Nickel bilden werden wie die im Südosten von Ontario gelegenen Nickelerzvorkommen von Sudbury (Abb. 2). Außer Nickel sollen als Nebenprodukte Kobalt, Platin, Palladium, Gold und Silber gewonnen werden.

Da man damit rechnet, daß die der USA-Regierung gehörenden Nickelerzgruben auf Kuba demnächst ihre Jahresproduktion auf 23000 t Nickel erhöhen werden, hofft man, das bisher bestehende Nickeldefizit auf dem kapitalistischen Weltmarkt bis 1960 auszugleichen.

### Ausbau der jugoslawischen Aluminiumproduktion

Die auf 120 Mio t geschätzten jugoslawischen Bauxitvorkommen (51 Mio t in Montenegro, 37 Mio t in der Herzogewina und 32 Mio t in Dalmatien) liegen in der Nähe ergiebiger Energiequellen und günstiger Verkehrswege. Die Bauxitförderung erreichte 1955 etwa 800 000 t, von denen über 80 % exportiert wurden, weil im Lande selbst nur kleine Verarbeitungsstätten bestanden (Kidricevo, Sibenik). Während 1954 erst 3400 t Aluminium erzeugt wurden, waren es im ersten Halbjahr 1956 bereits etwa 8000 t.

Im August 1956 wurde das bekannte Abkommen zwischen Jugoslawien, der Sowjetunion und der DDR abgeschlossen, um die jugoslawische Aluminiumproduktion auszubauen.

In der ersten Etappe des neuen Projekts ist eine Produktion von 50 000 t Aluminium geplant. Das vollständige Programm jedoch, dessen Finanzierung etwa 4,4 Milliarden Rubel beanspruchen wird, sieht neue Produktionskapazitäten in Titograd, Mostar und Sibenik mit einer Jahresleistung von 265 000 t Aluminium, 520 000 t Tonerde und 150 000 t Anodenmasse vor. Zu den Al-Kombinaten sollen auch 14 Wasserkraftwerke gehören, die im Jahr etwa 10,4 Milliarden kWh Strom abgeben können. Das ist übrigens doppelt so viel, wie man zur geplanten Aluminiumelektrolyse benötigt, so daß Strom auch noch für andere Zwecke zur Verfügung stehen wird. Für das Gesamtprojekt werden fünf bis zehn Jahre veranschlagt.

Die Herstellung von 1 kg Aluminium erfordert 18 bis 22 kWh Strom, der in Jugoslawien durch billige Wasserkraft gewonnen werden kann. Hierin liegt der große Vorteil, den die Wirtschaft der DDR beim Bezug von Aluminium aus jugoslawischem Bauxit genießen wird.



### Die Goldgewinnung bei Aldan (Jakutische ASSR)

Im Sommer 1956 besichtigten Journalisten aus der DDR die Goldreviere bei Aldan. Den Berichten von G. SIEMON (Chefredakteur der Nationalzeitung Berlin) und Dr. K. H. GERSTNER (Berliner Zeitung) entnehmen wir:

Aldan, das zur Zeit 11000 Einwohner zählt, hat sich zu einem Zentrum der ortsibirischen Goldgewinnung entwickelt, nachdem zu Anfang der zwanziger Jahre der Bauer TARABUKIN den sowjetischen Regierungsstellen seinen ersten Goldfund gemeldet hatte. Heute nimmt das Aldan-Goldgebiet, das 600 km südlich von Jakutsk mitten in der Taiga liegt, die 5. Stelle unter den Goldgewinnungsgebieten der Sowjetunion ein.

Es wird dort Berg- und Seifengold gewonnen. Während das Gold im Untertagebau unabhängig von der sibirischen Kälte das ganze Jahr hindurch abgebaut werden kann, ist die Gewinnung von Seifengold ein ausgesprochener Saisonbetrieb. Bevor die Schwimmbagger ihre Sommerarbeit aufnehmen können, muß der Boden im Frühjahr bis zu 1,5 m Tiefe abgehoben werden. Die so freigelegten goldhaltigen Schichten werden dadurch der Sonneneinstrahlung ausgesetzt und tauen im Sommer auf. Von den aufgetauten Flußläufen aus kann nun der Schwimmbagger, der die goldhaltigen Sande bis zu 10 m Tiefe ausbaggert, in dem von ihm selbst geschaffenen Kanal weiter schwimmen.

Die Gewinnung von Seifengold ist seit 5 Jahren vollkommen mechanisiert. 1956 wurden dreimal weniger Arbeiter beschäftigt als 1950, während gleichzeitig die Produktion auf das Dreifache gesteigert wurde. Ein moderner Schwimmbagger verarbeitet während der sommerlichen Saison 6—7000 m<sup>3</sup> goldhaltige Kiese und Sande pro Schicht oder etwa 13000 t in 24 Stunden.

Die Abmessungen eines solchen sibirischen Schwimmbaggers, der im Irkutsker Werk für Schwermaschinenbau hergestellt wurde, betragen: Länge 86 m, Breite 24 m, Gesamtgewicht 1200 t, 24 Schaufeln mit je 210 l Inhalt. 1957 sollen Bagger mit 380 l Löffelinhalt in Betrieb genommen werden. Der Tiefgang des Baggers beträgt 2 m. Er gräbt sich sein Schwimmbett selbst und schüttet es hinter sich mit dem vom Gold befreiten Haldenmaterial wieder zu. Die gesamte Anlage wird automatisch gesteuert und von nur 7 Arbeitern in einer Schicht bedient. Um dieselbe Leistung zu erzielen, wären früher 5000 Arbeiter erforderlich gewesen. Die Produktion eines solchen Baggers erreicht 1 kg Rohgold mit 90% Feingehalt pro Schicht. Das Goldausbringen beträgt 94—95%. Als Nebenprodukte werden Silber und Kupfer gewonnen.

Das Verhältnis von Arbeitern zu Angestellten ist im Aldaner Goldgebiet 10:1. Die Gewinnung des Seifengoldes kostet weniger als 16 Rubel pro Gramm. Da nicht die gesamten Seifen durch Schwimmbagger abgebaut werden können, werden die ungeeigneten Felder an private Goldwäscher vergeben. Diese erhalten 16 Rubel pro Gramm Rohgold, sie verdienen im Durchschnitt 200 Rubel am Tag. Mitunter sind in dem Revier schon Goldklumpen bis zu 5 kg Gewicht gefunden worden.

Die qualifizierten Goldarbeiter erhalten bis zu 60 Tagen bezahlten Urlaub im Jahr. Außerdem bezahlt ihnen der Betrieb nach jedem 3. Jahr eine Urlaubsreise. Es hat sich in der Praxis eingebürgert, daß die Arbeiter 2 ½ Jahre arbeiten und dann ein halbes Jahr Urlaub nehmen, wobei sie mit Flugzeugen zu ihren Urlaubsorten befördert werden, wenn es an sonstigen Verkehrsmitteln mangelt.

### Die Weltproduktion von Magnesium, Molybdän und Quecksilber

Das Bureau of Mines der USA hat Schätzungen über die Weltproduktion einiger Metalle veröffentlicht, über die selten statistische Angaben vorliegen.

Die Welterzeugung an Magnesium hat nach dieser Schätzung 1955 und 1954 je 140 000 sht (sht = 0,907 t) betragen gegenüber 170 000 sht 1953 und 36 000 sht im Durchschnitt der Jahre 1946 bis 1950. Im Rekordjahr 1943 waren etwa 280 000 sht Magnesium hergestellt worden.

Die Leistungsfähigkeit der USA liegt bei 175 000 sht pro Jahr. 1955 erreichte die Produktion nur 61 135 sht gegenüber 69 729 sht 1954. Nach der amerikanischen Schätzung wurden in der Sowjetunion 1953 etwa 55 000 t, 1954 etwa 45 000 t und 1955 wieder etwa 55 000 t Magnesium gewonnen. Kanada und Norwegen erzeugten 1955 je etwa 7500 t Magnesium.

Die Weltproduktion an Molybdän wurde für 1955 auf 67,2 Mill. lbs (1 lb = 0,4536 kg) gegenüber 63,90 Mill. lbs im Jahre 1954 angegeben. Hiervon haben die USA 61,78 (58,67) Mill. lbs gewonnen, wären also somit nach den nicht vollständigen Angaben Bureau of Mines der USA das bei weitem größte Molybdän-Produktionsland der Erde.

Die Welterzeugung von Quecksilber lag 1955 mit 196 000 Flaschen (zu je 34,5 kg) über der des Vorjahrs mit 182 000 Flaschen. 1955 (1954) war Italien der größte Produzent mit 53 520 (54 477) Flaschen; in Spanien wurden 45 000 (43 135), in Mexiko 29 828 (14 755), in Japan 4968 (10 269) und in den USA 18 955 (18 545) Flaschen produziert.

L.

### Platinvorkommen in Argentinien

In Nord-Argentinien wurde ein größeres Vorkommen von Platin und verwandter Metalle festgestellt.

Dies ist seit dem Jahre 1890, als britische Geologen in Patagonia mit Osmium vergesellschaftetes Platin entdeckten, der erste Fund dieser Art in Argentinien.

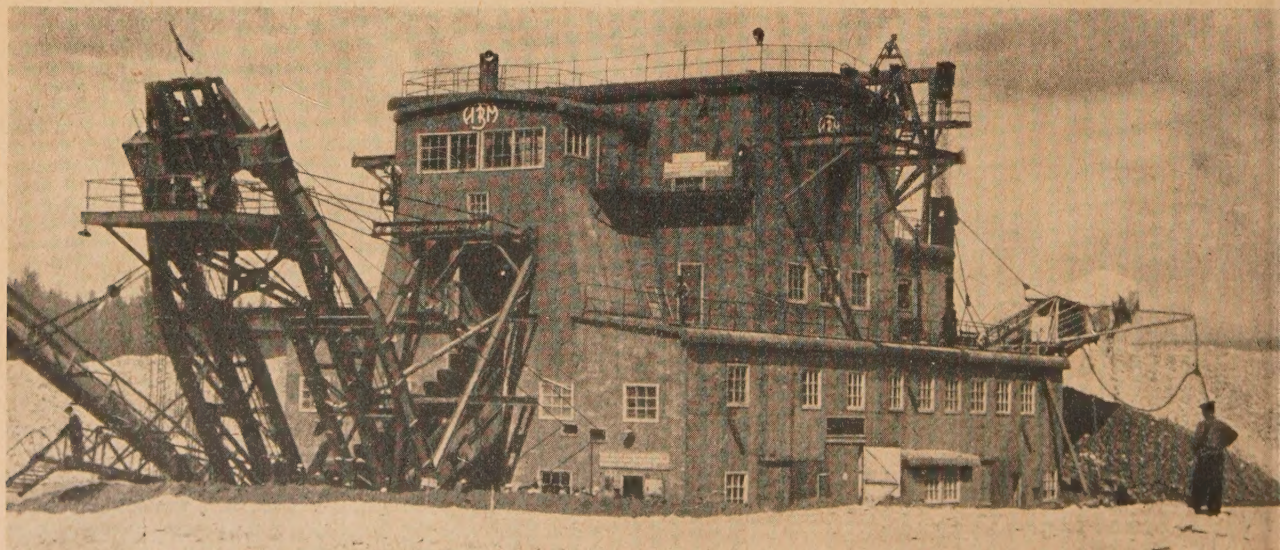
B.

### Industrialisierung Chinas

Nach den vorliegenden Planzahlen soll bis 1962 folgende Produktionshöhe erreicht werden:

	1962
Stahl . . . . .	10,5—12 Mio t
Elektrischer Strom . . . . .	40—45 Mrd. kWh
Kohle . . . . .	190—210 Mio t
Erdöl . . . . .	5—6 Mio t
Aluminium . . . . .	100 000—120 000 t
Kunstdünger . . . . .	3—3,2 Mio t
Zement . . . . .	12,5—14,5 Mio t

L.



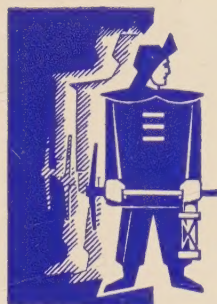
Schwimmbagger auf den ortsibirischen Goldfeldern des Aldan-Bezirk (G. SIEMON, 1956).





# **PRESSLUFT- WERKZEUGEN VOM**

**VEB ERNST-THÄLMANN-WERK  
SUHL/THÜRINGEN**



*Gerhard Seifert*

## **ARBEITER-SCHUTZBEKLEIDUNG**

Leipzig N 22 - Platnerstraße 13

Telefon 5 00 39

*Wir fertigen:*

Schachtanzüge  
Wetter-Schutzanzüge  
sowie sämtliche  
Arbeits- und Berufskleidung  
Nähte der gummierten Stoffe  
heißvulkanisiert,  
absolut wasserdicht

### *An unsere Leser!*

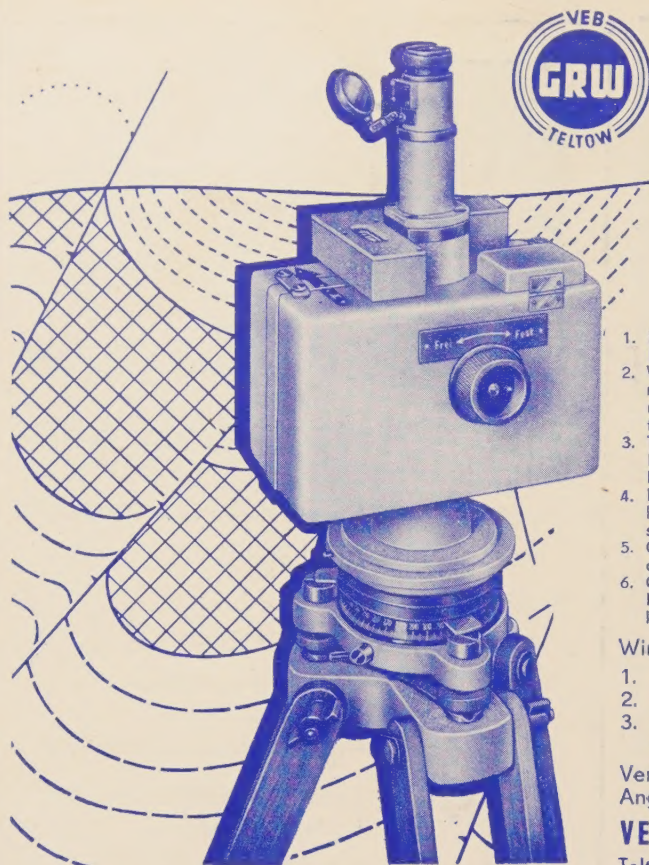
In den Heften 10 und 11/12 des Jahrgangs 1956 unterrichteten wir Sie, daß der Preis der Zeitschrift ab Jahrgang 1957 von DM 3,— auf DM 2,— herabgesetzt wird.

Aus technischen Gründen war es dem Verlag nicht möglich, diese Preisherabsetzung ab 1. Januar 1957 durchzuführen. Der neue Preis von DM 2,— gilt ab Band 3, Heft 4, 1957.

Wir bitten unsere Leser, sich bei Unregelmäßigkeiten im Bezug der Zeitschrift direkt an den Verlag zu wenden.

Der Verlag





## Die Erforschung nutzbarer Lagerstätten

von Mineralien und Gesteinen ist die Hauptaufgabe der angewandten Geophysik.

Die magnetische Methode ist dabei von allen Aufschlußverfahren die schnellste und billigste.

Für die Vermessung zur Erforschung lokaler Anomalien und für die Regionalvermessungen sind unsere magnetischen Feldwaagen mit Bandaufhängung wesentlich vorteilhafter als Feldwaagen anderer Konstruktion.

Diese Vorteile sind:

1. Erhöhte Sicherheit des Basisstandes bei rauhem Transport im Felde.
2. Wegfall der bei Schneidenwaagen notwendigen Rücklenkungsmagnete, da bei größeren Indikationen die Stellung des Magnetens mit Hilfe der Torsion des Aufhängebandes leicht beeinflußt werden kann.
3. Temperaturkompensationen der Waage ist auch bei großen Indikationen gewährleistet, da keine temperaturabhängigen Rücklenkungsmagnete benötigt werden.
4. Leichte Einstellung des Geräts auf ein mittleres Niveau mit Hilfe der Bandtorsion. Kein Aquilibrieren durch Gleichgewichtsschrauben, wie es bei der Schneidenwaage notwendig ist.
5. Geringere Neigungsanfälligkeit als bei Schneidenlagerung, dadurch weniger Justierfehler.
6. Große Meßgeschwindigkeit, da a) Waage gut gedämpft ist, b) das Entarretieren sehr schnell geschehen kann. Es braucht keine Rücksicht auf die Schneidenlagerung genommen zu werden.

Wir fertigen im Rahmen unseres Fabrikationsprogramms:

1. H-Feldwaagen für Horizontalintensitätsmessungen
2. Z-Feldwaagen für Vertikalintensitätsmessungen
3. Kombinierte Feldwaagen zur Messung der Horizontal- und Vertikalintensität.

Verlangen Sie bitte Druckschriften und ausführliche Angebote.

**VEB GERÄTE- UND REGLER-WERKE TELTOW**

Teltow b. Berlin, Oderstraße 74/76, Telegramme: Geräte Teltow



Prebluftschräuche  
Spiralsaug- und Druckschräuche  
und sonstige technische Schräuche  
Feuerwehrspezialschräuche für Bergbau  
Gummiförderbänder  
Gummikeilriemen — Isolierband

**VEB GUMMI-UND TEXTILWERK • BAD BLANKENBURG / THÜR. W.**